



TESIS

ANALISIS PERKIRAAN PENUMPUKAN *RUBBER DEPOSIT* BERDASARKAN VARIASI DAN FREKUENSI PESAWAT (STUDI KASUS: BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA)

AKHMAD DHARMA ARIANTO
03111450060003

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E, Ph.D

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA TRANSPORTASI
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



THESIS

**ANALYSIS OF ESTIMATED RUBBER DEPOSIT
DISPOSAL BASED ON VARIATION AND AIRCRAFT
FREQUENCY (CASE STUDY: JUANDA
INTERNATIONAL AIRPORT)**

AKHMAD DHARMA ARIANTO
03111450060003

SUPERVISOR :
Ir. Ervina Ahyudanari, M.E, Ph.D

MASTER PROGRAM
MANAGEMENT AND TRANSPORTATION ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL, ENVIRONMENTAL, AND GEOENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

ANALISIS PERKIRAAN PENUMPUKAN *RUBBER DEPOSIT* BERDASARKAN VARIASI DAN FREKUENSI PESAWAT

(Studi Kasus di Bandar Udara Internasional Juanda)

Nama : Akhmad Dharma Arianto

NRP : 03111450060003

Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D

ABSTRAK

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh PT Angkasa Pura I bahwa pergerakan (*take off* dan *landing*) mencapai 380 pesawat perhari. Pergerakan pesawat ini mengakibatkan penumpukan *rubber deposit*. *Rubber deposit* adalah menebalnya lapisan karet diatas permukaan *runway* sebagai akibat dari gesekan ban pesawat dan *surface*. Penumpukan karet tersebut mengakibatkan berkurangnya *skid resistance*, sehingga harus dibersihkan setiap dua bulan. Pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Juanda adalah bervariasi, yang mempengaruhi lokasi penumpukan *rubber deposit*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah pergerakan pesawat terhadap penumpukan *rubber deposit* yang dikaitkan dengan frekuensi pembersihan *rubber deposit*. Tujuan penelitian ini perlu dicapai mengingat pembersihan tumpukan karet akan menimbulkan efek samping dari penggerusan lapisan permukaan. Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data sekunder, seperti: data tipe pesawat dan frekuensi pergerakannya yang digunakan untuk menentukan jejak roda pesawat jejak roda diperkirakan berpengaruh pada lokasi penumpukan karet roda. Histori pembersihan tumpukan karet roda tersebut digunakan untuk membandingkan apakah frekuensi pembersihan sudah sesuai dengan perkiraan tebal penumpukan karet dari hasil perhitungan. Validasi perhitungan adalah dengan menggunakan data *skid resistance* (Mu – meter) yang dilakukan dilapangan. Dari kedalaman tekstur permukaan *runway*, diukur tingkat kesesuaian antara pergerakan pesawat dengan tebal penumpukan karet. Hasil penelitian ini menunjukan bahwa dalam 1 bulan sudah mencapai ketebalan yang dapat mempengaruhi operasional penerbangan. Lokasi penebalan ini yaitu pada sekitar ± 3 meter dari garis tengah *runway* dengan tebal penumpukan 2,7 mm dari *runway* 10. Dengan panjang penumpukan 1,6 km dan lebar penumpukan 31 cm.

Kata kunci: pergerakan pesawat, *rubber deposit*, *Skid resistance*, overlapping

Halaman ini sengaja di kosongkan

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknologi (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AKHMAD DHARMA ARIANTO

03111450060003

Tanggal Ujian : 18 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

1. Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
NIP: 196902241995122001

(Pembimbing)

2. Dr. Catur Arif P., S.T., M.Eng.
NIP: 197007081998021001

(Penguji)

3. Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.
NIP: 19541103 1986011001

(Penguji)

Dekan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan
dan Kebumihan



IDA A Warmadewanthi S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197502121999032001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat serta hidayah-Nya. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat mengajukan Proposal Tesis dengan judul **“Analisis Perkiraan Penumpukan *Rubber deposit* Berdasarkan Variasi dan Frekuensi Pesawat. (Studi Kasus di Bandar Udara Internasional Juanda)”**. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk mengajukan Gelar Magister Teknik Strata-2 di Bidang Manajemen Rekayasa Transportasi, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencana, ITS Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan Tesis ini yaitu:

1. Ayah Drs. H. Supriadi Syam yang telah memberikan nasehat dan doa. Adik Dr. Akhmad Fajrin Priadinata, Muhammad Rafif Rashid F., dan Muhammad Taufik Hidayatullah, yang telah membantu dan menyemangati. Dan juga kepada Almarhum Ibu Dr. Hj. Rita M. Iriani dimana selama hidup ibu telah menjadi pendamping dan panutan hidup penulis.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D, selaku Dosen Konsultasi yang dengan sabar memberikan bimbingan, masukan, nasihat, memberi motivasi, serta panutan selama penyusunan Thesis.
3. Dr. Catur Arif P. S.T., M. Eng, sebagai Dosen penguji tidak hanya memberikan saran dan kritik yang membangun, namun menjadi panutan bagi penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Hitapriya S., M. Eng, sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran serta kritik yang membangun, membuka pikiran dan wawasan baru dalam penyusunan Thesis.

5. Seluruh dosen dan karyawan Bidang Manajemen Rekayasa Transportasi atas semua bantuan dan dukungan yang diberikan.
6. Teman-teman kuliah ITS S2 Fakultas Teknik Sipil, Bidang Keahlian Manajemen dan Rekayasa Transportasi atas bantuan dan dukungan semangat yang diberikan. Terima kasih atas persahabatan dan persaudaraan yang indah selama ini, semoga ikatan yang ada saat ini akan terus terjalin selamanya.

Penelitian ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritikan, masukan dan saran akan sangat berarti bagi penulis. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun pembaca. Terima Kasih.

Surabaya, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Lokasi Studi	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Rubber Deposit	9
2.2 Jejak Roda Pesawat	12
2.2.1. Panjang Pendaratan Pesawat (Landing Distance)	13
2.2.2. Panjang Pengurangan Kecepatan Pesawat Pada Runway.....	15
2.2.3. Metode Tiga Segmen (Three Segment Method)	17
2.3 Karakteristik Pesawat.....	20
2.4 Skid resistance.....	26
2.4.1. Standard Skid resistance Di Runway	27

2.4.2. Metode Pengukuran Kekesatan	28
2.5 Distribusi Pergerakan Pesawat pada Kedua Ujung Runway	31
BAB 3 METODOLOGI	33
3.1 Kerangka Berpikir	33
3.2 Bagan Alir Penelitian	33
3.3 Tahapan Penelitian	34
3.3.1. Identifikasi Masalah	34
3.3.2. Data-Data Yang Digunakan	36
3.3.3. Analisis yang Dilakukan dan Hasil yang Didapatkan	36
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN	41
4.1 Karakteristik Roda Ban Pesawat Dan Jumlah Pergerakan Pesawat Selama Tahun 2015 -2016	41
4.2 Identifikasi Jejak Roda Pesawat	43
4.3 Identifikasi Panjang Pendaratan	50
4.4 Analisis Ketebalan Rubber deposit Setiap Type Dan Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015 -2016	54
4.5 Kesesuaian Hasil Asumsi Perhitungan Dengan Data Mu-Meter Yang Didapatkan Dilapangan	70
BAB 5 KESIMPULAN	77
5.1 Kesimpulan	77
DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Accumulated rapid exit usage by <i>distance</i> from threshold	20
Tabel 2.2 Nilai kekesatan (<i>Skid Number</i>)	28
Tabel 2.3 Tabel Klasifikasi <i>Skid resistance</i> /Fraksi Untuk Permukaan <i>runway</i>	30
Tabel 2.4 Tabel Data Distribusi Pergerakan Pesawat Pada Kedua Ujung <i>Runway</i>	31
Tabel 3.1 Tabel Klasifikasi <i>Skid resistance</i> /Fraksi Permukaan <i>Runway</i>	39
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Panjang Pesawat dan Panjang Wheelbase	41
Tabel 4.2 Data Spesifikasi Type Roda Pesawat, Main Gear Width (MGW) dan Panjang Antar Roda Utama.....	41
Tabel 4.3 Data Maksimum <i>Take off</i> (MTOW) dan <i>Landing</i> (MLW) Weight Pesawat.....	42
Tabel 4.4 Jumlah pergerakan pesawat pertahun	42
Tabel 4.5 Lebar Roda Setiap Jenis Pesawat.....	48
Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Area Jejak Roda Pesawat.....	53
Tabel 4.7 hasil perhitungan luasan segitiga <i>rubber deposit</i> setiap jenis pesawat .	56
Tabel 4.8 tinggi (tebal) <i>rubber deposit</i> pada titik touchdown untuk setiap jenis pesawat.....	57
Tabel 4.9 Persentase Pergerakan Pesawat Pada <i>Runway</i> 10 & <i>Runway</i> 28	57
Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Distribusi Untuk Masing – Masing Pesawat Pada Kedua Ujung <i>Runway</i>	58
Tabel 4.11 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari.....	59
Tabel 4.12 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu	59
Tabel 4.13 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu (Lanjutan).....	60

Tabel 4.14 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan.....	60
Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari pada Tahun 2015	61
Tabel 4.16 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari pada Tahun 2016	62
Tabel 4.18 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2015	62
Tabel 4.19 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2015 (Lanjutan)	63
Tabel 4.20 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2016	63
Tabel 4.21 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2015	64
Tabel 4.22 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2016	64
Tabel 4.23 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2016	65
Tabel 4.24 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal <i>Rubber deposit</i> untuk <i>Overlap I</i> pada Tahun 2015	66
Tabel 4.25 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal <i>Rubber deposit</i> untuk <i>Overlap</i> <i>II</i> pada Tahun 2015.....	67
Tabel 4.26 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal <i>Rubber deposit</i> untuk <i>Overlap</i> <i>I</i> pada Tahun 2016	68
Tabel 4.27 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal <i>Rubber deposit</i> untuk <i>Overlap II</i> pada Tahun 2016.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Sand Patch Test($\pm 2,8\text{m}$ dari center line <i>runway</i>) (Seno, 2015)	3
Gambar 1.2 gambar posisi pesawat pada saat <i>landing</i> (Flightlearnings, 2017).....	5
Gambar 1.3 Denah Bandara Internasional Juanda (Google maps, 2015)	7
Gambar 1.4 Denah Bandara Internasional Juanda (Google maps, 2015)	7
Gambar 2.1 Permukaan permukaan mikrotekstur dan makrotekstur (Douglas, 2008)	10
Gambar 2.2 Kondisi pendaratan Normal (a), Kondisi lepas landas dengan mesin terganggu (b), Kondisi lepas landas normal (c) (Horonjeff, 2010).....	13
Gambar 2.3 Grafik Kebutuhan <i>Landing</i> B 737 – 300 (Boeing, 2016).....	14
Gambar 2.4 Reverse thrust (Quora, 2017)	15
Gambar 2.5 Gambar Mekanis Spoiler untuk perlambatan pesawat, penurunan flap (atas) dan pengangkatan panel pesawat (bawah) (Quora, 2017)	16
Gambar 2.6 Metode Tiga Segmen (<i>Three Segment Method</i>) (ICAO, 2005)	18
Gambar 2.7 Konfigurasi Roda Pesawat (Horonjeff, 2010).....	22
Gambar 2.8 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016).....	23
Gambar 2.9 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016)	24
Gambar 2.10 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A320 (Airbus, 2016).....	24
Gambar 2.11 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330-200 (Airbus, 2016).....	25
Gambar 2.12 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330-300 (Airbus, 2016).....	26
Gambar 2.13 Sand Patch Method (MnRoad, 2016).....	28

Gambar 2.14 Alat Mu-meter	30
Gambar 3.1 Kerangka Berpikir	33
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	34
Gambar 3.3 Posisi masing masing <i>landing</i> gear terhadap <i>runway</i> center line (Ahyudanari, 2014).....	37
Gambar 3.4 Ilustrasi pengurangan tebal <i>rubber deposit</i> sepanjang panjang pendaratan.....	38
Gambar 3.5 Ilustrasi perhitungan MTD (Freitas, 2008).....	38
Gambar 3.6 Ilustrasi konsep perhitungan base line, profile depth dan the texture indicators, mean profile depth dan perkiraan texture depth (dalam millimeter) (ISO 13473-1) (Freitas, 2008)	39
Gambar 4.1 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)	44
Gambar 4.2 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)	44
Gambar 4.3 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016).....	45
Gambar 4.4 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016)	46
Gambar 4.5 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A320 (Airbus, 2016)	46
Gambar 4.6 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330 - 200 (Airbus, 2016)	47
Gambar 4.7 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330 - 300 (Airbus, 2016)	47
Gambar 4.8 Gambaran Posisi Roda Pendaratan Pesawat Pada <i>Runway</i> Dari Titik Tengah <i>Runway</i>	49
Gambar 4.9 Metode Tiga Segmen (Three Segment Method) (ICAO, 2005)	50

Gambar 4.10 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016).....	51
Gambar 4.11 Ilustrasi pengurangan tebal <i>rubber deposit</i> sepanjang panjang pendaratan	54
Gambar 4.12 Gambaran Posisi Roda Pesawat dan Juga <i>Overlap</i> yang terjadi Pada Saat Pesawat Mendarat.....	65
Gambar 4.13 Grafik Total <i>Rubber deposit</i> Yang Tertinggal Di Kedua Ujung <i>Runway</i> Pada Tahun 2015	67
Gambar 4.14 Grafik Total <i>Rubber deposit</i> Yang Tertinggal Di Kedua Ujung <i>Runway</i> Pada Tahun 2016.....	69
Gambar 4.15 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 300 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan <i>centerline</i>	70
Gambar 4.16 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 500 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan <i>centerline</i>	71
Gambar 4.17 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 800 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan <i>centerline</i>	71
Gambar 4.18 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 900 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan <i>centerline</i>	72
Gambar 4.19 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A320 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan <i>centerline</i>	73
Gambar 4.20 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A320 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 6 meter dari kanan <i>centerline</i>	73

Gambar 4.21	Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A330 – 200 & Airbus A330 – 300 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 6 meter dari kanan <i>centerline</i>	74
Gambar 4.22	Data Mu-meter Dengan Panjang Pendarataan Pesawat Dari <i>Runway 10 – Runway 28</i> . Dari 3 meter garis <i>Centerline</i>	75
Gambar 4.23	Data Mu-meter Dengan Panjang Pendarataan Pesawat Dari <i>Runway 10 – Runway 28</i> . Dari 6 meter garis <i>Centerline</i>	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Runway berfungsi sebagai tempat pendaratan pesawat dan lepas landas pesawat. *Runway* atau landasan pacu merupakan fasilitas yang paling diperlukan oleh suatu bandara. Dikarenakan menjadi area penting pada proses tinggal landas dan pendaratan suatu pesawat. Proses lepas landas dan pendaratan suatu pesawat merupakan proses dengan kecepatan tinggi berkisar 150 knot. Kecepatan tinggi dari pesawat ini membutuhkan kondisi landas pacu (*runway*) yang harus memenuhi persyaratan berkaitan dengan keselamatan penerbangan.

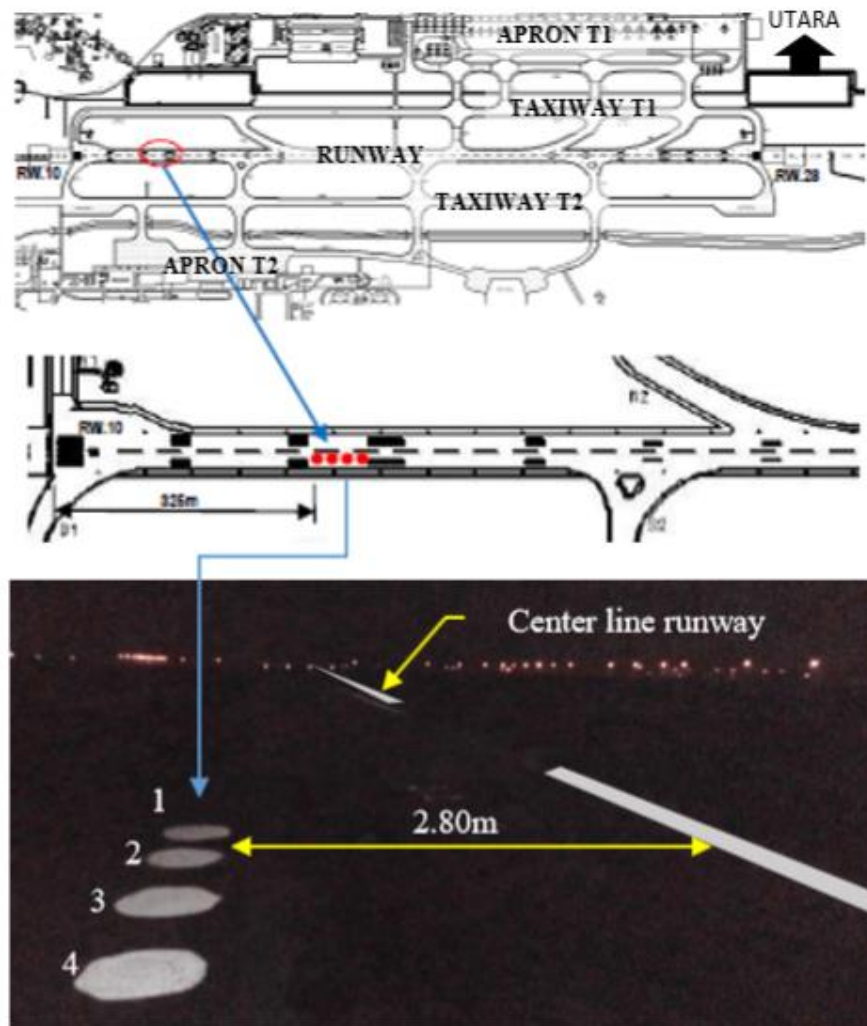
Persyaratan tersebut adalah bersih dari segala macam obyek yang membahayakan proses pergerakan pesawat di landasan pacu seperti debu, kerikil atau benda – benda kecil lainnya. Selain itu permukaan permukaan landasan pacu memiliki gelombang perkerasan (fraksi permukaan) yang memenuhi ketentuan tinggi dan frekuensi gelombang permukaan perkerasan, kemiringan secara potongan melintang yang menjamin pengaliran air hujan dengan cepat, memiliki tingkat kekesatan tertentu untuk menjamin daya pengurangan kecepatan pesawat saat mendarat. Untuk mencapai kondisi ideal sesuai dengan persyaratan yang diperlukan, maka harus dilakukan perawatan secara teratur dan terjadwal.

Pada umumnya suatu *runway* perlu dilakukan perawatan secara berkala untuk membersihkan partikel-partikel yang membahayakan suatu penerbangan seperti debu, kerikil dan sisa karet yang diakibatkan oleh roda pesawat. Debu perlu dibersihkan untuk mencegah terbentuknya lumpur pada saat hujan. Kerikil atau benda – benda lain perlu dibersihkan dari *runway* untuk mencegah adanya kerikil atau benda – benda kecil lainnya yang dapat merusak pesawat akibat adanya benda yang terlontar di area bahaya pesawat. Sisa karet terjadi setiap pendaratan pesawat yang menyisakan rata-rata 700 gram karet roda pesawat yang menempel di *runway* (Doglas, 2008). Akibatnya penumpukan karet (*Rubber deposit*) ini mengisi mikro dan makro tekstur permukaan perkerasan yang mengakibatkan

berkurangnya *skid resistance* permukaan perkerasan *runway* (permukaan *runway* menjadi licin). *Rubber deposit* adalah menebalnya lapisan karet diatas permukaan *runway* sebagai akibat dari gesekan ban pesawat dan permukaan perkerasan *runway* yang menyebabkan karet ban terkikis dan menempel di *runway* pada saat pesawat *landing*. Sehingga meningkatkan resiko terjadinya bahaya slip pada saat pesawat *landing* diatas permukaan *runway*.

Penerbangan melalui Bandara Internasional Juanda dari tahun ke tahun semakin padat oleh penambahan masuknya sejumlah maskapai penerbangan dan rute baru. Hal itu membuat bandara dengan kapasitas 17 juta penumpang per tahun tersebut padat oleh pergerakan pesawat. Berdasarkan data yang dikeluarkan PT Angkasa Pura I, pergerakan (*take off* dan *landing*) mencapai sekitar 380 pesawat per hari. Jumlah itu dinilai terlalu banyak. Terutama pada jam-jam sibuk pagi dan sore. Dari pergerakan pesawat tersebut dikhawatirkan pada *runway* Bandara Internasional Juanda terjadi penumpukan karet (*rubber deposit*) yang cukup membahayakan. Selain itu dari berita tentang tergelincirnya pesawat udara Lion Air di Bandar Juanda dikhawatirkan diakibatkan kondisi kekesatan permukaan (*skid resistance*) pada *runway* sudah berkurang (Anshari, 2016).

Pada penelitian sebelumnya dilakukan Sand Patch Test untuk mengecek kondisi kekesatan (*skid resistance*) permukaan *runway* (Seno, 2015). Sand Patch Test ini dapat dilihat pada Gambar 1.1. Sand Patch Test ini dilakukan pada *runway* pada jarak 325 m dengan titik percobaan sekitar 2,8 m dari garis tengah *runway*. Dari hasil *Sand Patch Test* penelitian tersebut didapatkan bahwa kedalaman makrotekstur pada *runway* rata-rata <1,5 mm (Seno, 2015), kondisi kedalaman makrotekstur tersebut menunjukkan bahwa kondisi permukaan *runway* perlu ada peningkatan. Skala fraksi makrotekstur pada *runway* adalah 0,2 – 3mm (Douglass, 2008).



Gambar 1.1 Lokasi Sand Patch Test($\pm 2,8\text{m}$ dari center line runway) (Seno, 2015)

Pembersihan *rubber deposit* di Bandar Udara Internasional Juanda sudah dilakukan secara berkala setiap dua bulan sekali dengan menggunakan cairan pembersih kimia. Pembersihan rutin ini dilakukan berdasarkan fungsi perkiraan penumpukan *rubber deposit*. Pengukuran penumpukan *rubber deposit* tidak selalu dilakukan untuk mendasari tindakan pembersihan.

Periode pembersihan *rubber deposit* yang menggunakan pembersih kimia ini dapat berdampak pada kerusakan permukaan landasan. Kerusakan permukaan ini dapat menimbulkan masalah baru dalam keselamatan penerbangan. Masalah baru yang mungkin timbul adalah berkurangnya ikatan aspal akibat pengaruh

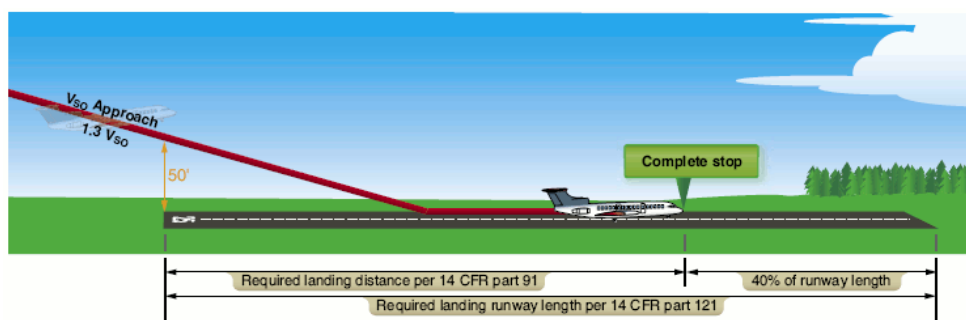
cairan kimia untuk pembersihan *rubber deposit* (Douglass, 2008). Ikatan yang berkurang ini akan menyebabkan lepasnya agregat dan menyebabkan potensi FOD (Foreign Object Debris) menjadi besar. Disamping itu, lepasnya ikatan akan mempercepat kerusakan perkerasan.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, pada studi ini dilakukan analisis penumpukan *rubber deposit* pada *runway* Bandara Internasional Juanda. Penelitian ini penting untuk mengetahui apakah periode pembersihan *rubber deposit* setiap dua bulan sekali tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Pertanyaan ini muncul berkaitan dengan kenyataan bahwa pesawat yang beroperasi dengan kenyataan bahwa pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Juanda adalah bervariasi. Variasi tipe pesawat berpengaruh pada jarak roda pendaratan (*landing gear*). Variasi ini berpengaruh pada lokasi penumpukan *rubber deposit*. Kondisi ini membentuk hipotesis bahwa dalam waktu dua bulan tumpukan *rubber deposit* belum mencapai kondisi yang mengkhawatirkan dan perlu dibersihkan.

Mengingat adanya akibat sampingan yang berupa kerusakan fungsi permukaan landasan, maka penelitian ini dirasa cukup relevan untuk dilakukan dalam rangka evaluasi periode pembersihan *rubber deposit*.

1.2 Rumusan Masalah

Sebagaimana disebutkan bahwa pergerakan pesawat menjadi contributor utama dalam menambah penumpukan karet pada *runway* terutama pada saat *touchdown* sampai pesawat mengurangi kecepatan yang diperbolehkan untuk masuk ke *exitway*. Gambaran posisi pesawat pada saat mendarat dapat dilihat pada Gambar 1.2 dimana posisi pesawat dari ambang pendaratan sampai pesawat menyentuh ke titik *touchdown* kemudian dari titik *touchdown* sampai titik *turn-off* atau titik stop pesawat. Analisis diperlukan untuk memperkirakan berapa kali pergerakan yang menyebabkan penumpukan karet berbahaya bagi operasional bandara. Untuk maksud tersebut, ada beberapa masalah pada penelitian ini yang harus diselesaikan untuk menjawab permasalahan yang ada, yaitu:



Gambar 1.2 gambar posisi pesawat pada saat *landing* (Flightlearnings, 2017)

1. Bagaimana pola jejak roda pesawat yang bervariasi pada saat *landing*?
2. Bagaimana memperkirakan panjang pendarataan pesawat yang menimbulkan gesekan antara roda pesawat dan permukaan landasan pacu yang menyebabkan terjadinya penumpukan *rubber deposit*?
3. Bagaimana perkiraan penumpukan *rubber deposit* dalam 1 hari, 1 minggu, 1 bulan apabila pergerakan pesawat mengikuti jadwal yang ada?
4. Apakah perkiraan penumpukan *rubber deposit* tersebut sudah sesuai dengan hasil pengukuran Mu Meter?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, yaitu mengetahui hubungan antara frekuensi penerbangan dengan kecepatan penumpukan karet, perlu ditetapkan tahapan-tahapan yang perlu dicapai. Tahapan dari penelitian ini dalam rangka mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pola jejak roda pesawat yang bervariasi pada saat *landing*.
2. Memperkirakan panjang pendarataan pesawat yang menimbulkan gesekan antara roda pesawat dan permukaan landasan pacu yang menyebabkan terjadinya penumpukan *rubber deposit*.
3. Memperkirakan penumpukan *rubber deposit* dalam 1 hari, 1 minggu, 1 bulan apabila pergerakan pesawat mengikuti jadwal yang ada.
4. Mengecek perkiraan penumpukan *rubber deposit* yang dilakukan sudah sesuai dengan hasil pengukuran Mu Meter.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam setiap penelitian selalu diharapkan dapat memberikan manfaat baik bagi keilmuan maupun bagi peneliti individual. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami tingkat penumpukan *rubber deposit* dengan karakteristik operasional suatu bandara.
2. Memprediksi waktu yang diperlukan untuk penjadwalan pembersihan *rubber deposit*.
3. Memberikan gambaran resiko penumpukan karet dalam kaitannya dengan pengurangan gaya gesek antara roda pesawat dan permukaan landasan.

1.5 Batasan Masalah

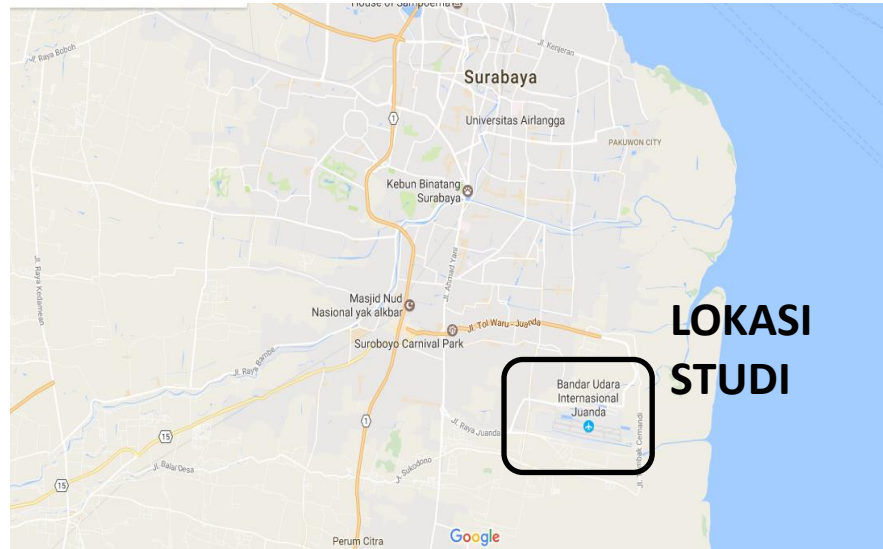
Dalam analisis yang dilakukan akan ada permasalahan-permasalahan yang tidak dapat diselesaikan karena keterbatas yang ada. Batasan dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan untuk menjadikan penelitian lebih focus pada permasalahan yang ada dan memberikan gambaran batasan penelitian yang dilakukan. Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berdasarkan data sekunder dan literature study
2. Penelitian ini hanya hanya meneliti *rubber deposit* pada *runway* di Bandara Juanda.
3. Penelitian ini tidak memperhitungkan kekuatan perkerasan pada *runway* di Bandara Juanda.
4. Pesawat yang dimaksud disini adalah pesawat komersial.
5. Penelitian ini mengasumsikan bahwa setiap pesawat meninggalkan *rubber deposit* sebanyak 700 mg dari hasil penelitian sebelumnya. Asumsi ini berlaku untuk semua jenis pesawat karena tidak ada data pengukuran tiap jenis pesawat setiap pergerakan

1.6 Lokasi Studi

Lokasi penelitian ini dilakukan di *Runway* Bandara Juanda yang terletak di Kabupaten Sidoarjo, Surabaya. Terletak pada koordinat 7°22'47" LS dan 112°47'13"BT. Gambar 1.3 menunjukan lokasi Bandara Internasional Juanda Surabaya yang terletak ± 15 km dari pusat kota Surabaya. Bandara Internasional

Juanda beroperasi pada kedua ujung *runway* yaitu *runway* 10 & 28 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.4.



Gambar 1.3 Denah Bandara Internasional Juanda (Google maps, 2015)



Gambar 1.4 Denah Bandara Internasional Juanda (Google maps, 2015)

Pergerakan pada masing-masing ujung *runway* tersebut tergantung pada arah arah bertiupnya angin. Distribusi pergerakan pada ujung-ujung *runway* bervariasi. Oleh karena itu, penelitian ini akan meninjau asumsi penumpukan karet pada kedua ujung *runway* tersebut.

Halaman ini sengaja di kosongkan

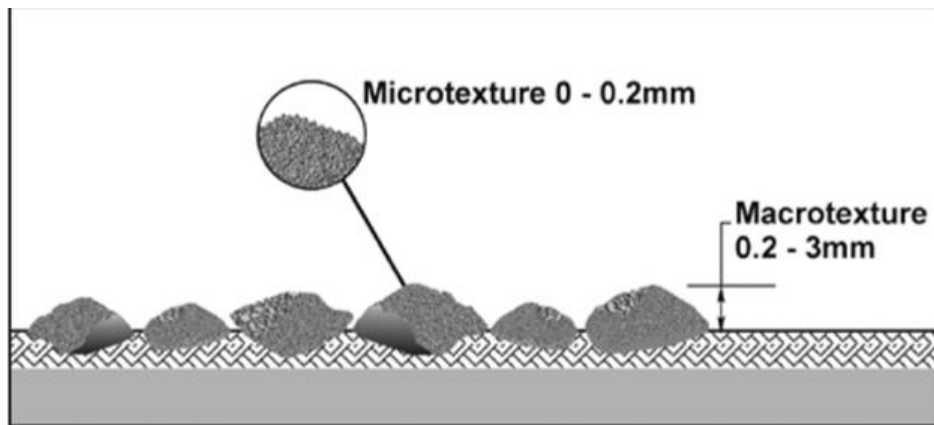
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Rubber Deposit*

Rubber deposit adalah menebalnya lapisan karet diatas permukaan *runway* sebagai akibat dari gesekan ban pesawat dan *surface runway* yang menyebabkan karet ban terkikis dan menempel di *runway* pada saat pesawat *landing*. Penumpukan karet tersebut akan mengurangi kekesaran permukaan landasan, sehingga meningkatkan resiko terjadinya pesawat tergelincir pada saat pesawat *landing* diatas permukaan *runway*.

Permukaan *runway* memiliki 2 sifat fisik yang menghasilkan *skid resistance* (tahanan gelincir) yaitu, mikrotekstur dan makrotekstur. Mikrotekstur berhubungan dengan sifat ketahanan agregat terhadap keausan. Mikrotekstur berskala 0 – 0,2 mm. Ukuran mikrotekstur bervariasi dari tajam sampai licin. Mikrotekstur sangat tergantung dari sifat kekasaran permukaan alami agregat. Berkurangnya kekesatan mikrotekstur dikarenakan oleh keausan mekanis dari agregat dan permukaan yang kontak berulang dengan ban pesawat. Makrotekstur terdiri dari kekasaran permukaan perkerasan dan rongga antara agregat. Makrotekstur berskala 0,2 – 3 mm. Makrotekstur berperan penting dalam menunjang drainase air hujan di permukaan jalan dan sebagai cengkraman terhadap roda. Makrotekstur berkurang diakibatkan oleh void antara agregat dan aspal atau pengikat di permukaan perkerasan diisi oleh kontaminan, seperti *rubber deposit*. Yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Permukaan permukaan mikrotekstur dan makrotekstur (Douglas, 2008)

Penumpukan karet ini pada permukaan perkerasan, baik permukaan mikrotekstur dan makrotekstur mengakibatkan *skid resistance* berkurang. Kondisi ini bukan masalah selama pesawat beroperasi pada cuaca kering. Tetapi apabila pesawat beroperasi pada kondisi landasan pacu yang basah (atau pada saat hujan) mengakibatkan tingkat gesekan (*skid resistance*) secara drastis berkurang (McKeen, 1984).

Mempertahankan kondisi *skid resistance* landasan pacu sangat penting untuk keselamatan pesawat. Penggunaan landasan pacu beralur memberikan tingkat peningkatan keamanan melalui peningkatan makrotekstur perkerasan, yang mengurangi potensi untuk pesawat tergelincir saat landasan pacu basah. Untuk mempertahankan karakteristik ini, alur permukaan harus tetap terbuka. Sebuah studi dari landasan alur kerusakan menemukan bahwa “Kerusakan alur permukaan diakibatkan oleh keausan, penutupan alur, dan *rubber deposit*” dan “alur permukaan di daerah touchdown dan pengereman yang rusak paling parah”(Apegyai, 2007). Dari pernyataan sebelumnya dapat kita simpulkan bahwa kerusakan alur atau berkurangnya daya tahan tergelincir (*skid resistance*) diakibatkan oleh penumpukan karet (*rubber deposit*). Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa rata-rata pendaratan setiap pesawat meninggalkan 700 gram (1,4 lb) karet di lapisan permukaan di *runway* (Douglass, 2008). Oleh karena itu, membersihkan penumpukan karet (*rubber deposit removal*) dilakukan secara periodik untuk meningkatkan keamanan saat *landing* dan saat pengereman.

Rubber deposit removal adalah fungsi penting untuk menjaga keamanan area *landing* pesawat bagi industri penerbangan nasional. Ada empat metode untuk pengangkatan karet (*rubber deposit* removal) pada *runway*, yaitu: (Douglas, 2008):

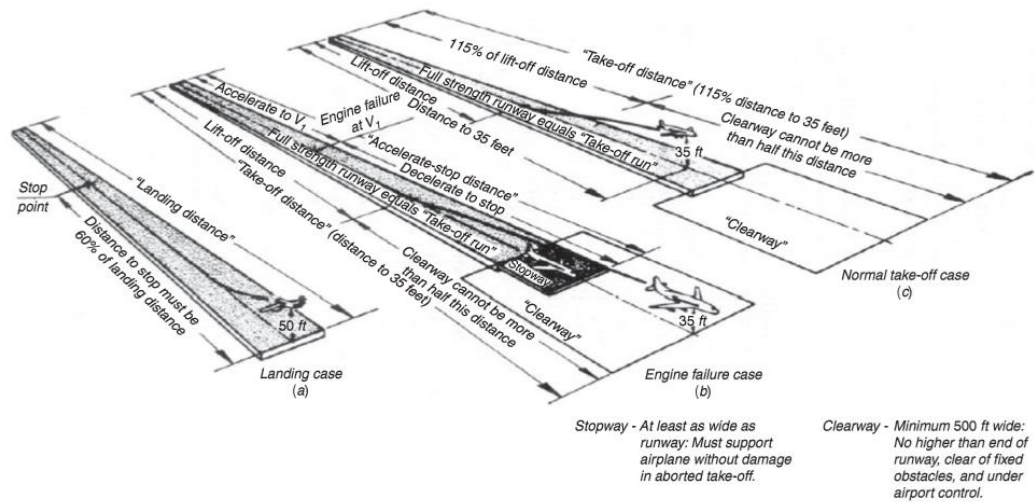
1. Waterblasting. Metode ini adalah proses menghilangkan karet dengan menggunakan air yang dipompa melalui alat rotary di beberapa tekanan yang ditentukan. Unit bergerak perlahan di sepanjang permukaan *runway* yang akan dibersihkan. Spesifikasi yang membedakan antara high pressure (2.000 psi sampai 15.000 psi) dan ultra-high pressure (tekanan yang melebihi 15.000 psi sampai 40.000 psi). Jenis proses ini disebut juga high-pressure water-jet dan ultra-high-pressure watercutting.
2. Chemical removal. Metode ini adalah proses yang tergantung penggunaan beberapa senyawa kimia untuk melunakan *rubber deposit* dan menempatkannya dalam bentuk yang dapat dipisahkan dengan menggunakan sikat, sapu, scrappers, atau alat lainnya. Serpihan-serpihan dan residu di *runway* dibersihkan menggunakan air bertekanan tinggi. Tergantung pada peraturan lingkungan di daerah tertentu. Proses metode ini juga disebut metode pengangkatan detergent atau foam-based.
3. Shotblasting. Metode ini adalah proses yang bergantung pada mesin yang mendorong/menembakkan beberapa bentuk partikel abrasive ke permukaan *runway* dan melepaskan/melempar *rubber deposit*. Alat shotblasting dibedakan berdasarkan property lebar pola dari sekitar 6 inch (15,2 cm) sampai 6 feet (1,8 m). Proses ini melibatkan system vacuums/menghisap serpihan-serpihan, memisahkan partikel-partikel abrasive untuk daur ulang. Dan menyimpan hasil serpihan-serpihan tersebut untuk dibuang. Proses ini juga disebut high-velocity impact removal dan shot-peening.
4. Mechanical removal. Metode ini adalah proses yang didefinisikan sebagai bentuk *rubber deposit* yang dilakukan oleh mekanis, yang tidak dicakup dalam tiga metode sebelumnya. Yang termasuk dalam metode ini adalah grinding, milling, wire-bristle brushing, mengangkat menggunakan pisau,

dan alat mekanis lainnya yang digunakan untuk mengangkat karet. Sandblasting termasuk dalam kategori ini.

2.2 Jejak Roda Pesawat

Pada penelitian ini yang paling diperhatikan adalah jejak roda pesawat. Hal ini dikarenakan jejak pesawat itu menentukan area yang menjadi lokasi penumpukan *rubber deposit* pada permukaan landasan. Jejak roda pesawat ini yang dimaksud di sini adalah jejak roda pesawat pada saat mendarat (*landing*). Hal ini dikarenakan pada saat pesawat mendarat berat pesawat banyak tertumpu pada roda utama (*Main gear*). Proses *landing* mengakibatkan roda ban pesawat bergesekan dengan *runway* sehingga banyak meninggalkan karet ban roda pesawat pada *runway*.

Proses *landing* memerlukan panjang *landing* yang bervariasi tergantung tipe pesawat. Panjang *landing* ini biasanya sudah diakomodasi dalam perhitungan panjang dasar landasan. Panjang dasar landasan (*Basic Runway Length*) merupakan suatu kebutuhan dasar yang diperlukan oleh masing-masing pesawat dalam melakukan manuver lepas landas (*take off*) atau pendaratan (*landing*). Setiap pesawat memiliki panjang landasan sendiri terkait dengan kemampuan masing-masing pesawat dalam melakukan manuver penerbangan atau pendaratan. Umumnya panjang landasan yang digunakan adalah sekitar 1.5 km sampai dengan 3 km bergantung dari letak geografis dan iklim dimana bandara tersebut berada.

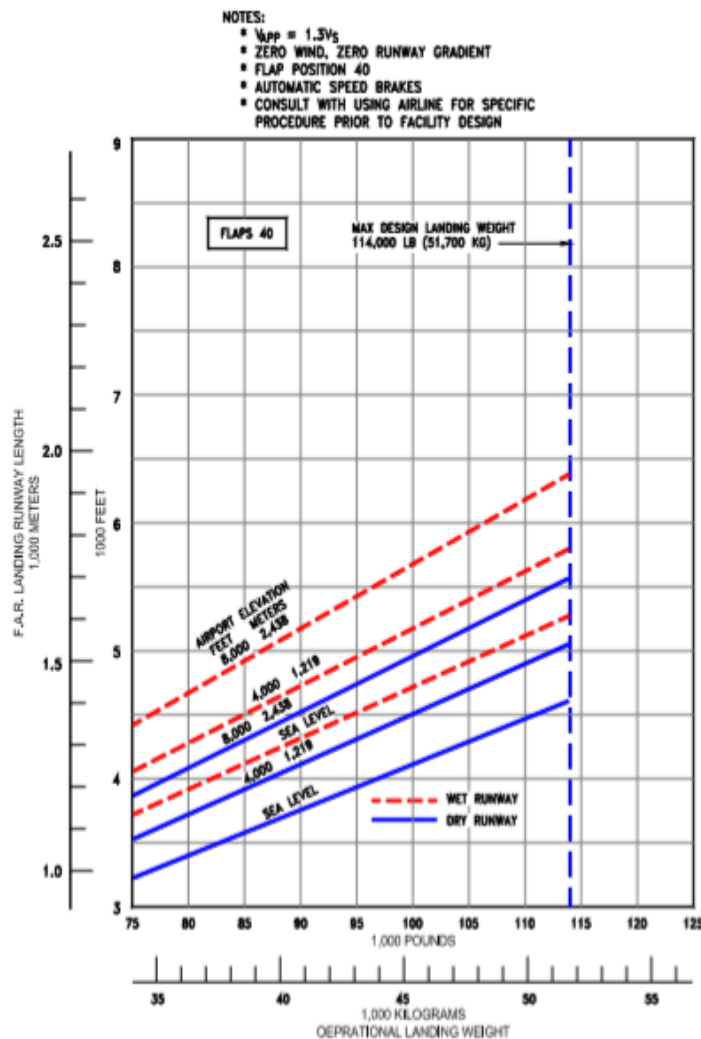


Gambar 2.2 Kondisi pendaratan Normal (a), Kondisi lepas landas dengan mesin terganggu (b), Kondisi lepas landas normal (c) (Horonjeff, 2010)

Gambar 2.2 menampilkan gambaran pendaratan Normal (Normal *Landing Case*) (Horonjeff, 2010), Jarak pendaratan (*landing distance*) yang diperlukan oleh pesawat harus cukup jauh, sehingga pesawat dapat berhenti sejauh 60% dari jarak pendaratan (*landing distance*), dengan ketinggian pendaratan yang dilakukan oleh pilot pada 50 feet (15 m) diatas threshold (ujung landasan). Pada kondisi tertentu, apabila ketinggian pesawat diatas threshold 50 feet maka disebut overshoot, sedangkan jika ketinggian dibawah 50 feet disebut poor approach.

2.2.1. Panjang Pendaratan Pesawat (*Landing Distance*)

Setiap pesawat mempunyai kebutuhan *landing* yang berbeda. Panjang *landing* setiap pesawat yang beroperasi dihitung berdasarkan grafik yang tersedia pada karakteristik pesawat terbang yang dikeluarkan oleh masing-masing perusahaan yang memproduksi pesawat tersebut. Perhitungan kebutuhan *landing* menggunakan beberapa asumsi yaitu pada saat *landing* dalam kondisi tidak ada angin, berat pesawat yang digunakan dalam perhitungan adalah berat maksimum pesawat *landing* pesawat, *runway* dalam keadaan kering.



Gambar 2.3 Grafik Kebutuhan *Landing* B 737 – 300 (Boeing, 2016)

Gambar 2.3 menunjukkan grafik kebutuhan panjang landasan pesawat type Boeing 737- 300 untuk flaps 40° (full flap) . Untuk mencari panjang *landing* yang dibutuhkan pertama – tama mencari data berat pesawat yang *landing* pada *runway* tersebut. Selanjutnya adalah tarik garis vertikal keatas sesuai dengan berat pesawat. Berat yang digunakan berat maksimum sebagai acuan dalam menghitung jarak *landing* pesawat. Setelah ditarik garis hingga mencapai garis ketinggian elevasi bandara. Garis elevasi bandara itu pun terbagi menjadi dua yaitu untuk kondisi permukaan *runway* basah dan kering.

2.2.2. Panjang Pengurangan Kecepatan Pesawat Pada *Runway*

Pengurangan kecepatan (decelaration) pesawat adalah pengurangan kecepatan pesawat pada saat pesawat mendarat (*landing*) sampai taxiway atau lebih tepatnya kecepatan pesawat pada saat touchdown (touchdown speed) sampai pesawat mencapai kecepatan yang diperbolehkan untuk masuk ke dalam taxiway (taxi speed). Tiga metode untuk mencapai pengurangan kecepatan pada *runway* adalah tenaga mesin jet , roda rem dan mekanis spoiler.

- a. Tenaga mesin jet, merupakan hal pertama yang harus dilakukan dalam pengurangan kecepatan pesawat pada *runway*. Tenaga mesin jet menghasilkan tenaga/dorongan terbalik (*reverse thrust*) yang digunakan untuk pengurangan kecepatan pesawat.



Gambar 2.4 *Reverse thrust* (Quora, 2017)

- b. Roda rem, pengereman roda pesawat dilakukan untuk mengurangi kecepatan pesawat pada saat touch down sampai kecepatan taxiway. Hal penting dalam pengereman roda pesawat ini adalah mencapai berat maksimum yang diperbolehkan pada *landing gear*, kondisi permukaan roda, tekanan udara pada ban pesawat, dan kondisi permukaan *runway*. Pengeraman menggunakan autobreak sistem menghasilkan antara 3 – 6 knots perdetik perlambatan pesawat. Sedangkan pengereman manual melalui ujung rem menghasilkan pengurangan kecepatan mencapai 10 knots perdetik. (Skybrary, 2017)

- c. Mekanis spoiler, pengurangan kecepatan pesawat yang dihasilkan dengan meningkatkan drag. Pengangkatan panel permukaan pesawat dan penurunan flap merupakan mekanis spoiler yang meningkatkan drag pesawat.



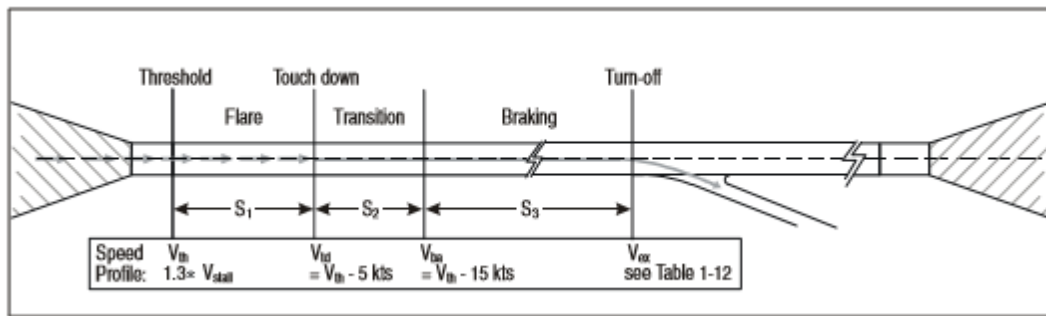
Gambar 2.5 Gambar Mekanis Spoiler untuk perlambatan pesawat, penurunan flap (atas) dan pengangkatan panel pesawat (bawah) (Quora, 2017)

Pengurangan kecepatan ini diperlukan untuk mengetahui panjang area jejak roda pesawat yang menghasilkan *rubber deposit* paling banyak pada saat pesawat *landing*. Panjang pengurangan kecepatan pesawat yang digunakan adalah panjang dari saat pesawat touchdown dimana kecepatan pesawat pada saat touchdown (*touchdown speed*) adalah 150 knots sampai kecepatan yang diperbolehkan masuk ke *taxiway* (*taxi speed*) yaitu 20 knots untuk masing-masing jenis pesawat.

2.2.3. Metode Tiga Segmen (*Three Segment Method*)

Metode tiga segmen adalah metode yang digunakan untuk mengukur panjang pendaratan pesawat pada *runway* dari ujung ambang pendaratan pesawat sampai *touchdown* kemudian dari *touchdown* sampai titik pengurangan kecepatan pesawat (dimana kecepatan pesawat Cuma 20 knot atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan untuk masuk *exitway*).

Metode tiga segmen (*three segment method*) memungkinkan penentuan persyaratan jarak segmen dari ambang pendaratan (*landing threshold*) ke titik pengurangan kecepatan (*turn-off point*) berdasarkan operasi individu pesawat terbang dan pengaruh spesifik parameter yang terlibat. Metode tiga segmen ini membagi tiga bagian kondisi pesawat pada saat mendarat. Bagian – bagian dari metode tiga segmen itu adalah, S_1 adalah jarak yang dibutuhkan dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai roda utama pesawat menyentuh landasan pacu (*maingear touchdown*). S_1 merupakan tahap pesawat pada saat mendarat dimana pesawat memperlambat laju turun dari posisi ambang pendaratan sampai titik *touchdown*. S_2 adalah jarak yang dibutuhkan untuk transisi dari deret *maingear* untuk membangun konfigurasi pengereman yang stabil. S_2 merupakan tahap pesawat pada saat mendarat dimana pesawat pada saat menyentuh permukaan *runway (touchdown)* melakukan transisi dari *maingear* pada saat *touchdown* sampai posisi *maingear* sudah stabil sehingga dapat melakukan pengereman pesawat. S_3 adalah jarak yang dibutuhkan untuk deselerasi pada mode pengereman normal sampai kecepatan *turn-off*. S_3 merupakan tahap pesawat pada saat mendarat dimana pesawat mulai melakukan pengurangan kecepatan pada saat posisi *maingear* yang sudah stabil sampai kecepatan pesawat cuma 20 knot atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan untuk masuk ke dalam *exitway*. Gambaran metode tiga segmen ini dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Metode Tiga Segmen (*Three Segment Method*) (ICAO, 2005)

Untuk tujuan desain *exit taxiway*, pesawat diasumsikan melewati ambang batas (threshold) rata-rata 1,3 kali *stall speed* (V_{stall}) pada *landing* dengan massa pendaratan kotor (*gross landing mass*) rata-rata sekitar 85% dari jumlah maksimum. Selanjutnya pesawat dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pada saat ambang batas pada saat diatas permukaan laut, yaitu:

- 1) Grup A. Kurang dari 169 km/jam (91 knot)
- 2) Grup B. Antara 169 km/jam (91 knot) dan 222 km/jam (120 knot)
- 3) Grup C. Antara 224 km/jam (121 knot) dan 259 km/jam (140 knot)
- 4) Grup D. Antara 261 km/jam (141 knot) dan 306 km/jam (165 knot)

Jumlah exit taxiway akan tergantung pada jenis pesawat yang terbang dan jumlah masing-masing jenis yang beroperasi selama periode puncak. Sebagai contoh, pada sebuah bandar udara yang sangat besar, kebanyakan pesawat terbang kemungkinan akan berada dalam kelompok C atau D. Jika demikian, hanya dua pintu keluar yang mungkin diperlukan. Di sisi lain, sebuah aerodrome yang memiliki campuran seimbang dari keempat kelompok pesawat terbang mungkin memerlukan empat pintu keluar.

Dengan menggunakan metode tiga segmen, jarak total yang diperlukan dari ambang pendaratan sampai titik *turn-off* dari garis tengah landasan pacu dapat ditentukan sesuai dengan metode yang diilustrasikan pada Gambar 2.6.

Penjelasan untuk Gambar 2.6 metode tiga segmen:

- 1) Segmen 1 ((S_1)): jarak yang dibutuhkan dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai roda utama pesawat menyentuh

landasan pacu (*maingear touchdown*). Secara empiris berasal dari jarak ke titik titik rata-rata, dikoreksi untuk lereng menurun dan komponen tailwind jika ada

a. Kategori pesawat C& D: $S_1 = 450m$

Koreksi kemiringan: + 50 m/- 0,25%

Koreksi tailwind : +50m/+5knot

b. Kategori pesawat A& B: $S_1 = 250m$

Koreksi kemiringan: + 30 m/- 0,25%

Koreksi tailwind : +30m/+5knot

2) Segmen 2 (S_2) : jarak yang dibutuhkan untuk transisi dari deret main gear untuk membangun konfigurasi pengereman yang stabil. Jarak transisi dihitung untuk waktu transisi yang diasumsikan (empiris) $\Delta t = 10$ detik pada kecepatan ground rata-rata.

a. $S_2 = 10 \times V_{av}$ [V_{av} dalam m/s] atau (1)

b. $S_2 = 5 \times (V_{th} - 10)$ [V_{th} dalam knot] (2)

3) Segmen 3 (S_3) : Jarak yang dibutuhkan untuk deselerasi pada mode pengereman normal sampai kecepatan turn-off. Jarak pengereman ditentukan berdasarkan tingkat deselerasi yang diasumsikan 'a' sesuai dengan persamaan berikut:

a. $S_3 = \frac{V_{ba}^2 - V_{ex}^2}{2a}$ [$V = m/s, a = m/s^2$] atau (3)

b. $S_3 = \frac{(V_{th} - 15)^2 - V_{ex}^2}{8a}$ [$V = kts, a = m/s^2$] (4)

laju deselerasi $a = 1,5$ m / s dianggap sebagai nilai operasional yang realistis untuk pengereman pada permukaan landasan basah.

4) Profil Kecepatan :

a. V_{th} = Ambang kecepatan berdasarkan 1,3 kali kecepatan kiosk diasumsikan mendarat massa sama dengan 85% dari pendaratan maksimum massa. Kecepatan dikoreksi untuk elevasi dan suhu referensi bandara.

- b. V_{td} = Dianggap sebagai ($V_{th} - 5$ knot) (konservatif). Peluruhan kecepatan dianggap representatif untuk sebagian besar jenis pesawat terbang.
- c. V_{ba} = diasumsikan kecepatan aplikasi rem/ atau aplikasi dorong terbalik ($V_{th} - 15$ knot)
- d. V_{ex} = angka nominal turn-off (kode angka 3 atau 4: 30 knot), (kode angka 1 atau 2: 15 knot) (bisa juga dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini)

Tabel 2.1 Accumulated rapid exit usage by *distance* from threshold

Kategori pesawat	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100%
A	1.170	1.320	1.440	1.600	1.950	2.200	2.900
B	1.370	1.480	1.590	1.770	2.070	2.300	3.000
C	1.740	1.850	1.970	2.150	2.670	2.670	3.100
D	2.040	2.190	2.290	2.480	2.750	2.950	4.000

Sumber: ICAO, 2005

2.3 Karakteristik Pesawat

Karakteristik pesawat yang menjadi acuan dan pertimbangan adalah berat pesawat, dimensi pesawat dan konfigurasi sumbu roda pesawat.

- 1) Berat pesawat (Aircraft Weight), merupakan faktor utama yang menentukan panjang landasan pacu dan tebal perkeraannya. Berat pesawat memiliki karakteristik yang telah ditentukan oleh perusahaan pembuat pesawat. Berat pesawat ini selanjutnya melalui mekanisme transfer beban melalui konfigurasi roda pesawat menjadi beban roda terhadap perkerasan landasan. Beberapa komponen berat pesawat itu tersebut adalah:

- a. Operating Empty Weight (OEW),

Merupakan berat dasar pesawat yang termasuk didalamnya crew pesawat dan semua berat pesawat yang ada dalam kondisi yang siap terbang.

b. Payload

Merupakan bobot penumpang dan bagasinya, serta barang muatan seperti paket pengiriman. Berat muatan terbayar (payload) maksimum ditentukan oleh pihak pengatur penerbangan terkait yang mengizinkan pesawat membawa penumpang, barang atau kombinasi dari keduanya.

c. Zero-Fuel Weight

Terdiri dari berat kosong operasi (OEW), maximum payload dan segala sesuatunya yang terkait dengan tambahan bahan bakar pesawat dimana ketika pesawat terbang tidak melebihi kekuatan bending momen pesawat (titik pertemuan di sayap pesawat dan panjang badan pesawat) ketika melakukan penerbangan.

d. Maximum Ramp Weight

Adalah berat maksimum pesawat yang diijinkan untuk pergerakan didarat atau pergerakan diantara apron menuju ke ujung landasan pacu yang dibatasi oleh kekuatan pesawat dan persyaratan ukuran penerbangan.

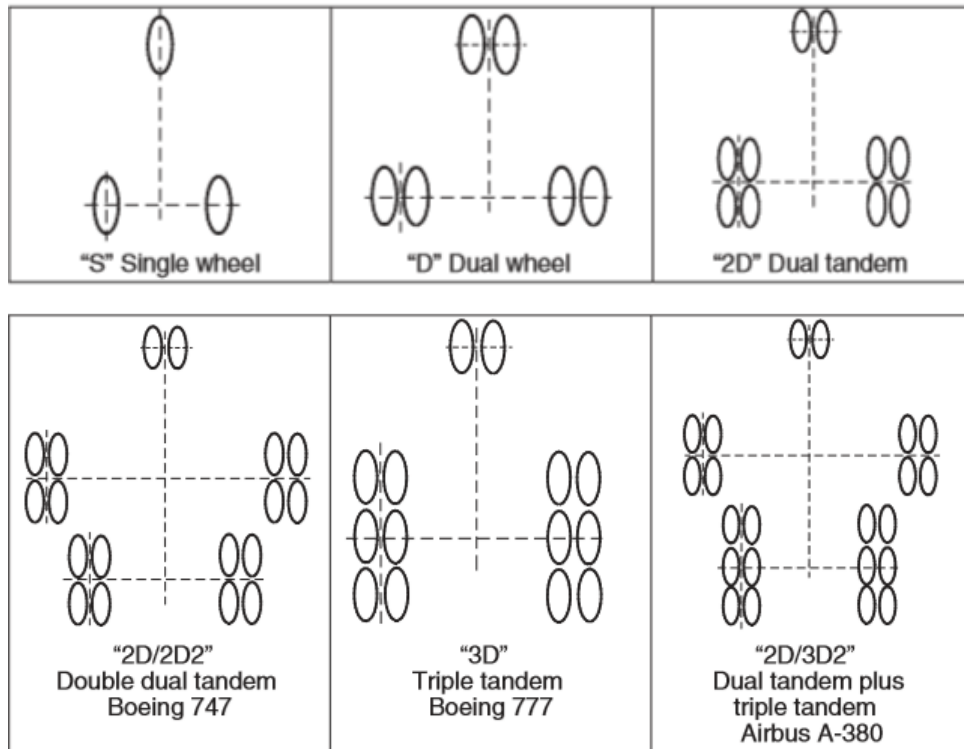
e. Maximum *Landing* Weight (MLW)

Berat pesawat maksimum yang diijinkan pada saat mendarat.

f. Maximum Take-Off Weight (MTOW)

Berat pesawat maksimum yang diijinkan pada saat lepas landas.

2) Konfigurasi Roda Pesawat (Wheel Configuration)



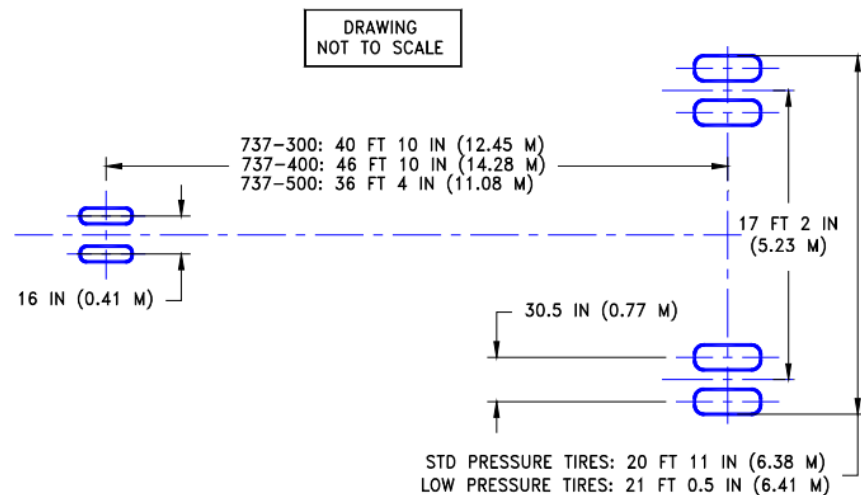
Gambar 2.7 Konfigurasi Roda Pesawat (Horonjeff, 2010)

Konfigurasi roda pesawat mempengaruhi penyaluran beban pesawat udara ke permukaan. Berat pesawat didistribusikan ke permukaan melalui roda depan (nose gear) dan roda utama (main gear). Main gear menerima hampir seluruh beban pesawat, 95% beban pesawat dibebankan pada main gear, sedangkan sekitar 5% sisanya diterima oleh nose gear. Konfigurasi roda terdiri dari: roda tunggal (single wheel), roda tandem (dual wheel), roda tandem ganda (dual tandem) dan complex configuration (double dual tandem).

Berdasarkan data yang ada dan tipe pesawat yang beroperasi pada bandara Juanda maka digunakan tipe pesawat dengan konfigurasi roda sebagai berikut:

- a. Boeing 737-300 dan Boeing 737-500

Gambar 2.8 menggambarkan konfigurasi roda Boeing 737-300 dan Boeing 737-500 sama, yaitu menggunakan roda pendaratan dengan tipe dual wheel (2 roda di nose gear dan 4 roda di main gear). Yang membedakan antara kedua pesawat ini adalah jarak antara roda depan (nose gear) dan roda utama (main gear).

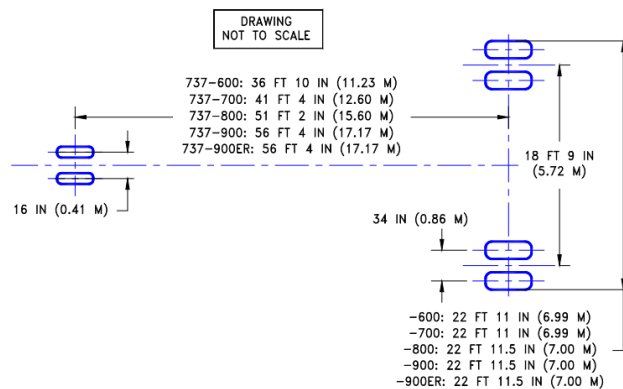


Gambar 2.8 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)

Pada pesawat Boeing 737-300 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 12,45 m sedangkan pesawat Boeing 737-500 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 12,45 m. Jarak antara main gear pesawat ini adalah 5,25 m.

b. Boeing 737-800 dan Boeing 737-900

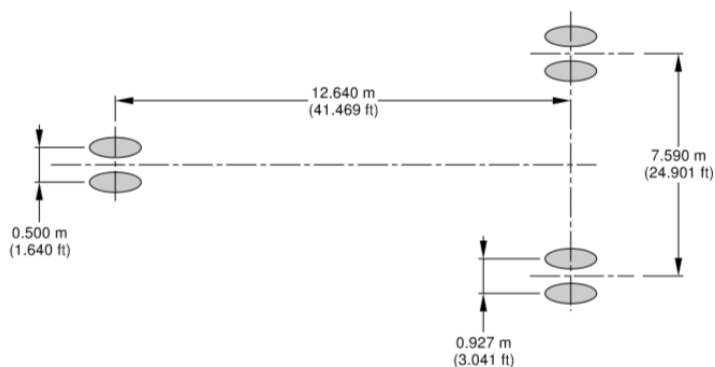
Gambar 2.9 menggambarkan konfigurasi roda Boeing 737-800 dan Boeing 737-900 sama, yaitu menggunakan roda pendaratan dengan tipe dual wheel (2 roda di nose gear dan 4 roda di main gear).



Gambar 2.9 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016)

Yang membedakan antara kedua pesawat ini adalah jarak antara roda depan (nose gear) dan roda utama (main gear). Pada pesawat Boeing 737-800 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 15,60 m sedangkan pesawat Boeing 737-900 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 17,17 m. Jarak antara main gear pesawat ini adalah 5,72 m.

c. Airbus A320

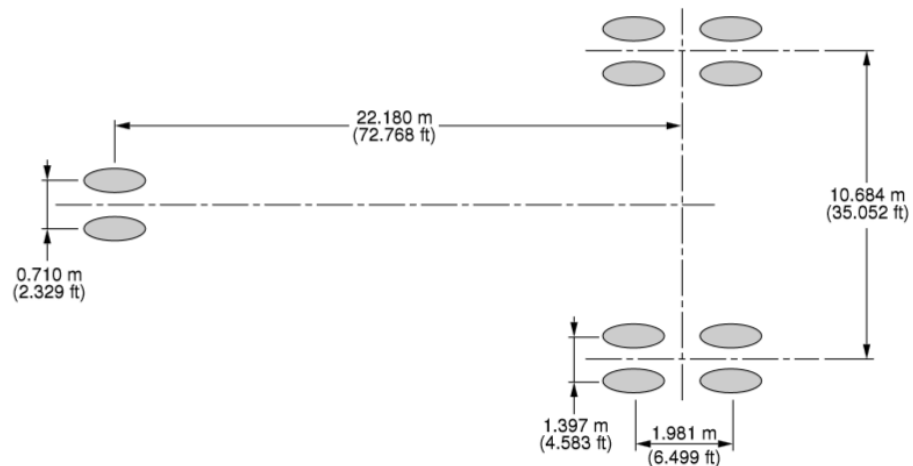


Gambar 2.10 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A320 (Airbus, 2016)

Gambar 2.10 menggambarkan konfigurasi roda pesawat Airbus A320 menggunakan roda pendaratan dengan tipe dual wheel (2 roda di nose gear dan 4 roda di main gear). Pada Pesawat Airbus A320 jarak antara

nose gear dengan main gear adalah 12,64 m. Jarak antara main gear pesawat ini adalah 7,59m.

d. Airbus A330-200

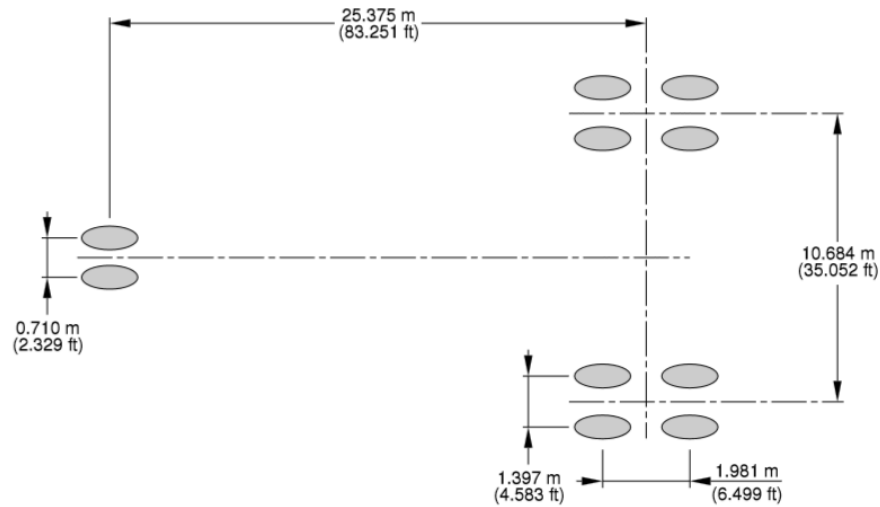


Gambar 2.11 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330-200 (Airbus, 2016)

Gambar 2.11 menggambarkan konfigurasi roda pesawat Airbus A330-200 menggunakan roda pendaratan dengan tipe dual tandem (2 roda di nose gear dan 8 roda di main gear). Pada Pesawat Airbus A330-200 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 22,180 m. Jarak antara main gear pesawat ini adalah 10,684 m.

e. Airbus A330-300

Gambar 2.12 menggambarkan konfigurasi roda pesawat Airbus A330-300 menggunakan roda pendaratan dengan tipe dual tandem (2 roda di nose gear dan 8 roda di main gear). Pada Pesawat Airbus A330-300 jarak antara nose gear dengan main gear adalah 25,375 m. Jarak antara main gear pesawat ini adalah 10,684 m.



Gambar 2.12 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330-300 (Airbus, 2016)

2.4 *Skid resistance*

Skid resistance (tahanan gelincir) adalah gaya yang dihasilkan antara muka jalan dan ban untuk mengimbangi majunya gerak kendaraan jika dilakukan pengereman (Sukirman, S.,1999). *Skid resistance* merupakan nilai gesekan yang terjadi antara permukaan perkerasan dan roda kendaraan. Nilai gesekan ini tergantung pada: tekstur mikro dan makro permukaan jalan, properti dari ban, kecepatan kendaraan dan kondisi cuaca (Beaven and Tubey, L.W., 1978 pada Yero, S., et al., 2012). *Skid resistance* merupakan parameter evaluasi perkerasan penting karena kekesatan yang tidak memadai akan menyebabkan insiden yang lebih berbahaya. Hasil pengukuran *skid resistance* dapat digunakan untuk mengevaluasi berbagai jenis bahan dan praktek konstruksi. Maksudnya adalah bahwa nilai *skid resistance* tersebut dipengaruhi oleh material yang digunakan dan proses pelaksanaan konstruksi di lapangan

Kekesatan tergantung pada mikroteksur permukaan perkerasan dan makroteksur (Corley-Lay, 1998). Mikroteksur mengacu pada tekstur skala kecil dari komponen perkerasan agregat (yang mengontrol kontak antara karet ban dan permukaan perkerasan) sementara makroteksur mengacu pada tekstur skala besar perkerasan secara keseluruhan karena susunan partikel agregat (AASHTO, 1976).

Skid resistance berubah dari waktu ke waktu. Biasanya meningkatkan dalam dua tahun pertama setelah konstruksi sebagai jalan yang aus oleh lalu lintas dan permukaan agregat kasar menjadi terkena, kemudian menurun selama masa perkerasan yang tersisa sebagai agregat menjadi lebih halus. kekesatan juga biasanya lebih tinggi pada musim gugur dan musim dingin dan lebih rendah pada musim semi dan musim panas. variasi musiman ini cukup signifikan dan sangat condong Data kekesatan jika tidak dapat dikompensasikan (Jayawickrama dan Thomas, 1998).

2.4.1. Standard *Skid resistance* Di Runway

Skid resistance umumnya diukur menggunakan beberapa bentuk pengukuran gesekan seperti faktor gesekan atau nomor skid (Pavement interactive, 2016):

$$\text{Friction factor (faktor gesekan)} : f = \frac{F}{L} \quad (5)$$

$$\text{Skid number (nilai kekesatan)} : SN = 100 \times f \quad (6)$$

Dimana : F = frictional resistance to motion in plane interface

L = load perpendicular to interface

Hal ini tidak benar untuk mengatakan perkerasan memiliki faktor gesekan tertentu karena gesekan melibatkan dua bagian, ban dan perkerasan, yang sangat variabel karena basah perkerasan *runway*, kecepatan kendaraan, suhu, keausan ban, jenis ban, dll. Tabel 2.2 menunjukkan number skid.

Tabel 2.2 Nilai kekesatan (*Skid Number*)

Skid Number	Comments
<30	Take measures to correct
≥ 30	Acceptable for low volume roads
31 – 34	Monitor pavement frequently
≥ 35	Acceptable for heavily traveled roads

Sumber: Jayawickrama, 1996

2.4.2. Metode Pengukuran Kekesatan

Metode pengukuran untuk menentukan *skid resistance* permukaan perkerasan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. *Sand Patch Method*

Sand patch method merupakan metode pengukuran rata-rata kedalaman tekstur secara volumetric menggunakan pasir dengan ketentuan tertentu. Dalam metode ini, pasir didalam tabung di tuangkan ke permukaan *runway* lalu diratakan membentuk lingkaran, sehingga mengisi ruang kosong pada permukaan terisi oleh pasir.

Kemudian diameter lingkaran pasir tersebut diukur pada empat sumbu dan dihitung rata-rata diameter tersebut. Hasil dari pengukuran ini dinamakan dengan rata-rata kedalaman tekstur atau Mean Texture Depth (MTD) (MnRoad, 2016). *Sand patch method* dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Sand Patch Method (MnRoad, 2016)

2. Mu-meter

Menetapkan cara pengukuran kekesatan (the side force friction) permukaan perkerasan menggunakan alat yang biasanya disebut Mu-meter. Mu-meter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kekesatan permukaan perkerasan, dalam satuan MuN, dan pada saat pengujian harus ditarik dengan kendaraan penarik yang dilengkapi tangki air

Cara uji ini merupakan suatu pengukuran kekesatan, yang dilakukan dengan menarik alat Mu-meter pada kecepatan tetap pada sudut arah gerakan tertentu di atas permukaan perkerasan dalam keadaan basah. Alatnya terdiri atas dua roda penguji dan dapat berputar bebas, yang dibebani dengan beban statis. Pencatat dalam alat ini merekam grafik kekesatan yang menerus untuk seluruh panjang permukaan yang diuji, dan pada segmen tertentu mungkin diperoleh grafik yang merata. Ban penguji yang terpasang pada alat Mu-meter diletakkan dalam posisi uji. Alat Mu-meter dioperasikan pada kecepatan tertentu sesuai butir 6 (65 km/±1,5 jam). Air disiramkan ke atas permukaan yang ada di depan ban kendaraan penguji pada awal permukaan perkerasan yang sudah ditandai. Gesekan menyamping atau gaya friksi antara ban penguji dengan permukaan perkerasan dicatat pada sebuah kertas grafik. Kecepatan kendaraan penguji dicatat dengan bantuan instrumen yang terdapat dalam alat tersebut.

Kekesatan ditentukan berdasarkan analisis data dari rekaman yang ada pada kertas grafik dalam kotak pencatat, dan dilaporkan sebagai nilai Mu-Number (MuN) (SNI, 2008). Gambar 2.14 merupakan gambaran alat Mu-meter.

Tabel 2.3 dibawah ini adalah tabel klasifikasi *skid resistance*/fraksi permukaan *runway*:

Tabel 2.3 Tabel Klasifikasi *Skid resistance*/Fraksi Untuk Permukaan *runway*

	40 mph			60 mph		
	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction
Mu Meter	.42	.52	.72	.26	.38	.66
Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester	.50	.60	.82	.41	.54	.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Surface Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter	.43	.53	.74	.24	.36	.64
Tatra Friction Tester	.48	.57	.76	.42	.52	.67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	.45	.52	.69	.32	.42	.63

Sumber: FAA (1997)



Gambar 2.14 Alat Mu-meter

2.5 Distribusi Pergerakan Pesawat pada Kedua Ujung *Runway*

Bandara Internasional Juanda beroperasi pada kedua ujung *runway* yaitu *runway* 10 & 28 pergerakan pada masing-masing ujung *runway* tersebut tergantung pada arah angin dominan di lokasi Bandar Udara Juanda. Dimana *runway* 10 menyatakan arah angin dominan berasal dari posisi 100° Timur Tenggara dan *runway* 28 menyatakan posisi arah angin dominan dari posisi 280° Barat Laut. Distribusi pergerakan kepada ujung *runway* ini dikarenakan bahwa salah satu ujung *runway* angin bertiup lebih dominan. Itu dikarenakan pada saat pesawat melakukan take-off dan *landing* pesawat akan bergerak berlawanan dengan angin agar pada saat take-off, memperpendek jarak take-off nya pesawat sedangkan pada saat pesawat *landing*, mengurangi kecepatan pesawat pada saat mendarat. Misalkan pesawat mau melakukan take-off atau *landing* di *runway* Bandar Udara Juanda, angin berhembus lebih besar dari arah timur tenggara maka pesawat akan melakukan take-off atau *landing* dari arah berlawanan dimana pesawat pada saat take-off dan *landing* akan berangkat dari arah ujung *runway* 10.

Dari data didapatkan, distribusi pergerakan pesawat pada kedua ujung *runway* dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini

Tabel 2.4 Tabel Data Distribusi Pergerakan Pesawat Pada Kedua Ujung *Runway*

Year	R10	R28	Total	Percentage	
				R10	R28
2005	66460	14547	81007	82%	18%
2006	75055	16150	91205	82%	18%
2007	70339	14875	85214	83%	17%

Halaman ini sengaja di kosongkan

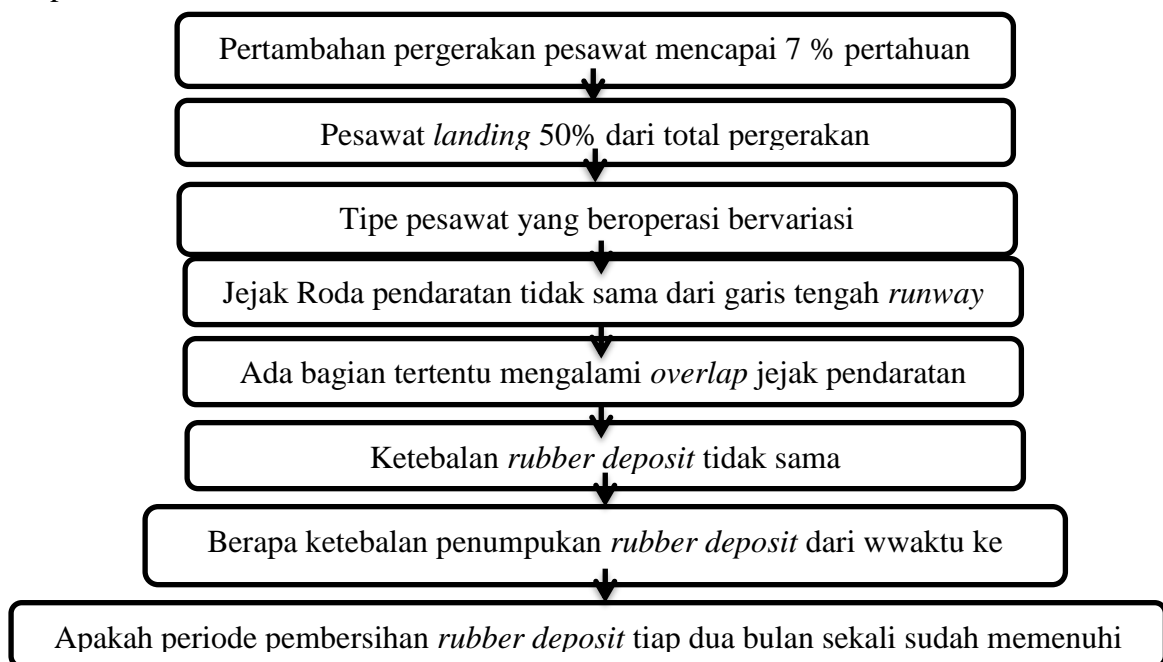
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahapan penting dalam pelaksanaan penelitian. Suatu metodologi tidak akan dapat tersusun secara sistematis tanpa didahului oleh suatu kerangka berpikir dalam memahami permasalahan di lapangan. Kerangka berpikir ini kemudian didukung oleh adanya literature dapat menghasilkan suatu langkah – langkah penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan.

3.1 Kerangka Berpikir

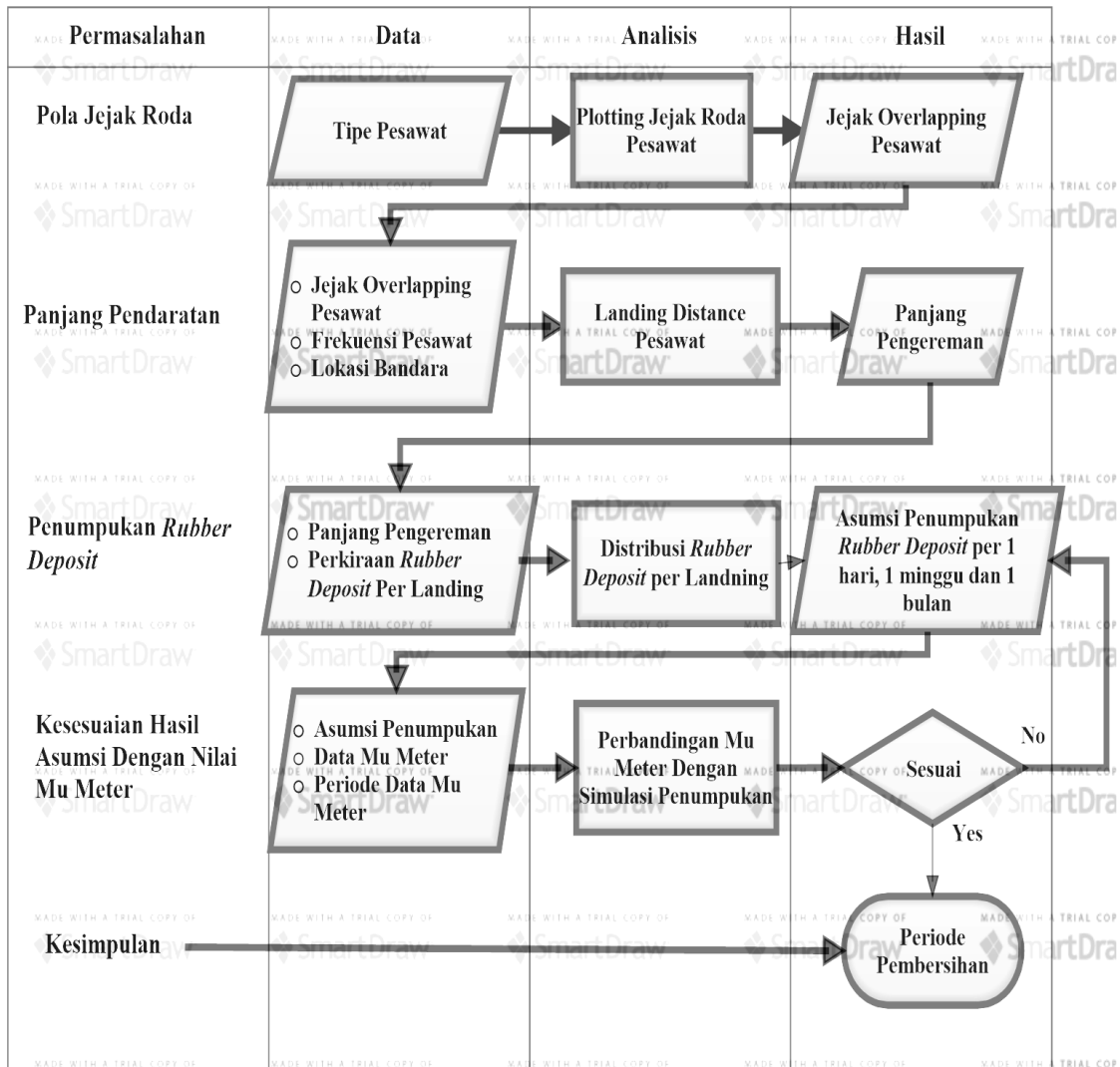
Pergerakan pesawat yang meningkat membawa dampak positif dan negatif. Salah satu dampak negatif dari peningkatan jumlah pergerakan pesawat adalah adanya penumpukan *rubber deposit* pada bagian – bagian tertentu dari *runway*. Garis besar kerangka berpikir tersebut digambarkan dalam bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Berpikir

3.2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian akan menjelaskan urutan pengerjaan dalam penelitian ini sebagaimana dijelaskan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

3.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari identifikasi masalah, data-data yang digunakan, analisis yang dilakukan, penyajian data dan diakhiri dengan kesimpulan dan saran.

3.3.1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yang dilakukan berdasarkan rumusan permasalahan yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Permasalahan pola jejak roda, dalam permasalahan ini dilakukan analisis plotting area jejak roda. Data yang digunakan pada tahap ini adalah data sekunder, yaitu data tipe pesawat yang beroperasi di Juanda. Dari data tipe pesawat didapatkan klasifikasi roda pesawat (lebar roda pesawat, dan posisi main gear roda pesawat) per tipe pesawat. Dari data klasifikasi roda tersebut dilakukan analisis plotting jejak roda per tipe pesawat. Dari analisis tersebut didapatkan area jejak roda yang mengalami overlapping.
2. Permasalahan panjang pendaratan, pada permasalahan ini dilakukan analisis *landing distance* pesawat. Data yang digunakan adalah data overlapping yang didapatkan pada analisis sebelumnya dan data sekunder. Data sekunder yang digunakan adalah data frekuensi pesawat yang melakukan pergerakan (*take off & landing*) di Bandar Udara Juanda dan Lokasi Bandara (seperti temperatur, slope, altitude, dan lain-lain). Dari data-data tersebut dilakukan analisis *landing distance* setiap pesawat sehingga didapatkan hasil panjang area pengereman pesawat.
3. Permasalahan penumpukan *rubber deposit*, pada permasalahan ini dilakukan analisis distribusi *rubber deposit* per *landing*. Data yang digunakan adalah area pengereman pesawat yang didapatkan pada analisis sebelumnya dan data perkiraan *rubber deposit* per *landing*. Dari data-data tersebut dilakukan analisis distribusi *rubber deposit* per *landing*. Dari analisis tersebut dapat diasumsikan bahwa ketebalan penumpukan *rubber deposit* yang terjadi di Bandar Udara Juanda dalam satu hari, satu minggu dan satu bulan.
4. Permasalahan kesesuaian hasil asumsi penumpukan dengan data Mu-Meter, dalam permasalahan ini dilakukan perbandingan data Mu-Meter yang didapatkan dengan asumsi penumpukan *rubber deposit*. Apakah sesuai atau tidak
5. Kesimpulan. Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini apakah sesuai tidaknya asumsi penumpukan yang dilakukan sesuai atau tidaknya dengan data Mu-Meter yang didapatkan. Apabila tidak dilakukan pengecekan pada asumsi yang dilakukan. Apabila sesuai maka didapatkan waktu pembersihan penumpukan (*rubber deposit removal*) yang lebih akurat.

3.3.2. Data-Data Yang Digunakan

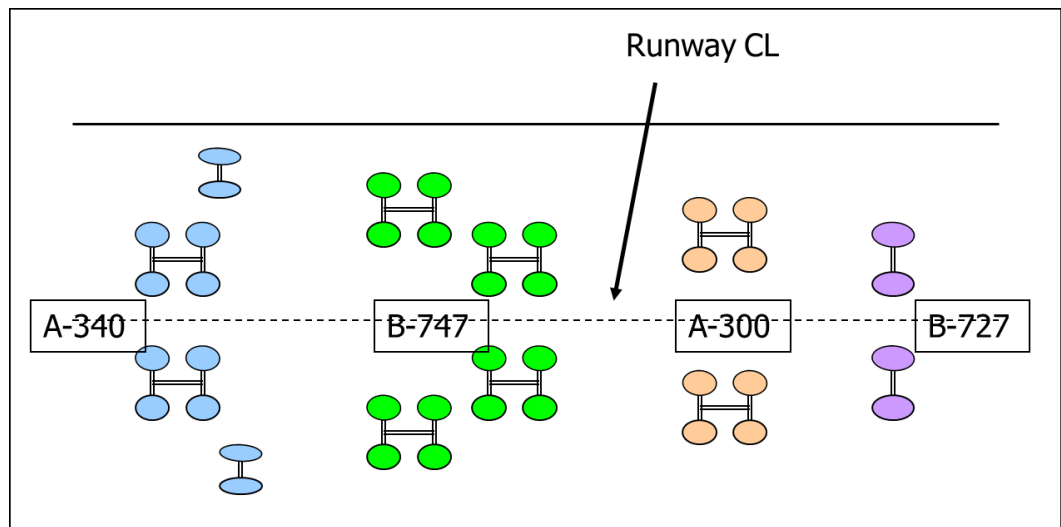
Pada penelitian ini data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data-data sekunder itu adalah:

1. Data jenis tipe pesawat yang beroperasi dan frekuensi pergerakannya. Data ini bertujuan untuk memudahkan pengelompokan pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda dan juga mengetahui area *landing* pesawat. Selain itu data ini juga digunakan untuk menganalisis ketebalan yang *rubber deposit* untuk setiap jenis tipe pesawat dan pergerakannya.
2. Data lokasi bandara Juanda. Data lokasi bandara yang dimaksud adalah posisi bandara, temperatur, slope, altitude, tailwind, dan sebagainya. Sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan *landing distance* pesawat.
3. Histori removal *rubber deposit* atau jadwal dilakukannya pembersihan terhadap penumpukan karet di *runway*. Data ini digunakan untuk mengetahui kapan terakhir dilakukannya removal *rubber deposit* sampai pada saat ini sehingga dapat mengetahui kondisi *rubber deposit* di landasan pacu.
4. Data kekesatan permukaan *runway* di Juanda dengan menggunakan alat Mu-meter. Data ini digunakan untuk mengetahui kondisi kekesatan permukaan *runway* yang sudah menjadi licin, sehingga dapat diperkirakan di area mana pada *runway* yang sudah menumpuknya karet.

3.3.3. Analisis yang Dilakukan dan Hasil yang Didapatkan

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan permasalahan yang terjadi pada penelitian ini, yaitu:

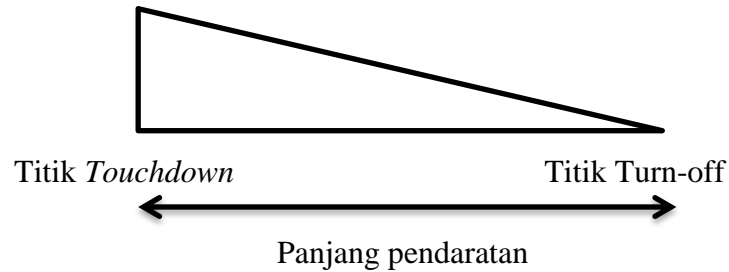
1. Analisis plotting jejak roda pesawat. analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola jejak roda pesawat pada saat *landing*, karena pola jejak pesawat dapat kita perkirakan bahwa jejak pesawat itu tersebut dapat diperkirakan area *rubber deposit*. Analisis ini tergantung pada lebar bagian roda yang menyentuh permukaan landasan. Contoh letak posisi roda pesawat pada *runway* dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini. Gambar 3.3 menunjukkan kemungkinan terjadinya *overlapping* pada *runway*. Sehingga pada analisis plotting ini didapatkan data *overlapping* jejak roda pesawat.



Gambar 3.3 Contoh gambaran posisi masing-masing *landing gear* terhadap *runway center line* (Ahyudanari, 2014)

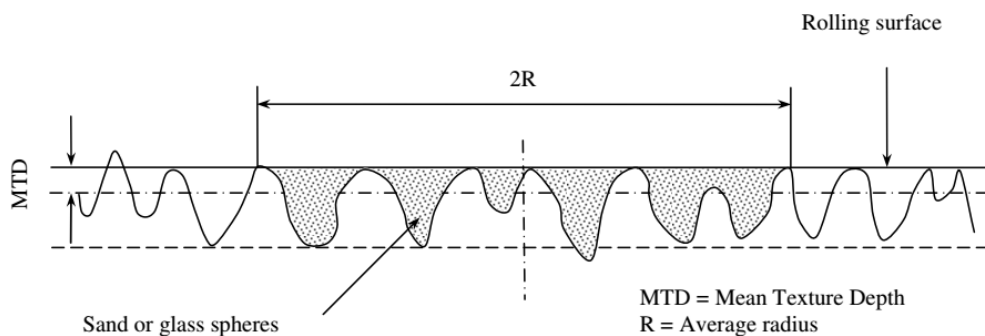
2. Analisis *landing distance* pesawat. Analisis ini dilakukan mengukur panjang pendaratan pesawat pada *runway* dari ujung ambang pendaratan pesawat sampai touchdown kemudian dari touchdown sampai titik pengurangan kecepatan pesawat (dimana kecepatan pesawat cuma 20 knot atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan untuk exit taxiway). Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode tiga segmen. Perhitungan metode tiga segmen dapat dilihat pada gambar 2.6 dan penjelasannya di bab 2. Dari analisis tersebut didapatkan panjang segmen 3 atau panjang segmen yang dimana pesawat melukan pengereman untuk mengurangi kecepatan pada saat mendarat. Atau disebut juga panjang deselerasi pesawat.
3. Analisis distribusi *rubber deposit per landing*. Analisis ini dilakukan untuk menganalisis distribusi ketebalan *rubber deposit* sesuai dengan tipe dan variasi pesawat yang berada atau beroperasi di bandara Juanda. Pada Gambar 3.4 menunjukkan gambar segitiga perubahan kecepatan pada saat touchdown sampai ke titik *turn-off* atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan masuk ke *exit taxiway*. Ilustrasi segitiga dibuat dengan asumsi bahwa penumpukan *rubber deposit* terbesar adalah pada saat touchdown yang kemudian berkurang sesuai dengan penurunan kecepatan pesawat tersebut. Hasil dari analisis

tersebut dibuat simulasi penumpukan *rubber deposit* yang dilakukan dalam satu hari, satu minggu dan satu bulan.

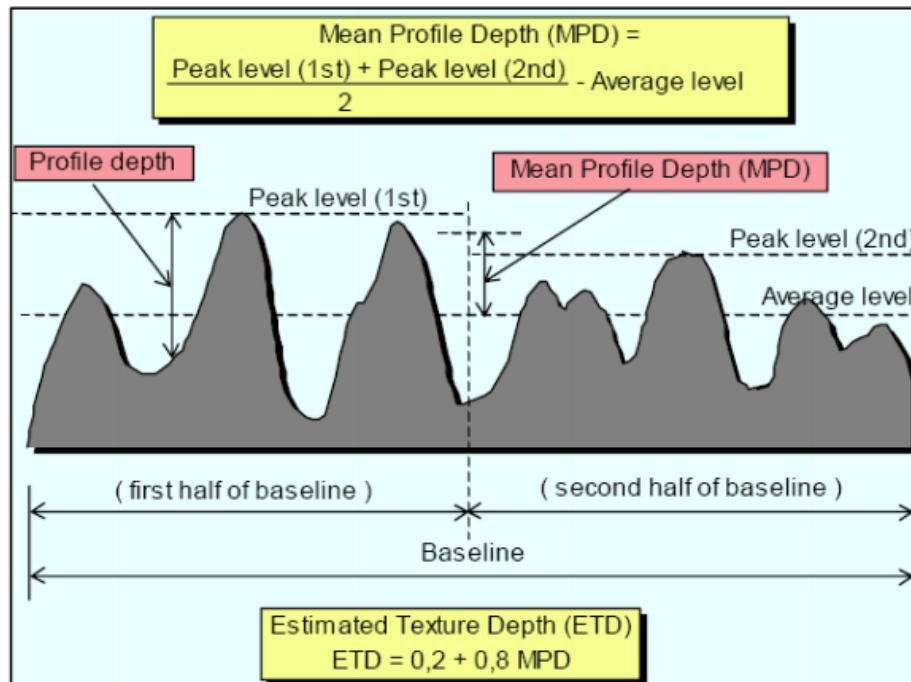


Gambar 3.4 Ilustrasi pengurangan tebal *rubber deposit* sepanjang panjang pendaratan

4. Analisis perbandingan Mu-Meter dengan simulasi yang didapatkan pada analisis sebelumnya. Dalam analisis ini data, Mu-meter digunakan untuk mencari nilai MTD (Mean Texture Depth) dan ETD (Estimate Texture Depth) yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6. Pengukuran MTD dan ETD dilakukan dengan menggunakan MU Meter yang diperoleh dari Bandara Juanda. Mu Meter adalah Alat untuk mendapatkan profil depth atau profil makrotekstur dari permukaan landasan. Pengukuran ini biasanya dilakukan menjelang dilakukannya overlay atau pembersihan *rubber deposit*. Dari hasil perhitungan MTD dan ETD maka nilai tersebut diasumsikan sebagai nilai ketebalan *rubber deposit*. Dari perhitungan tersebut dibandingkan dengan asumsi yang dilakukan apakah sesuai atau belum.



Gambar 3.5 Ilustrasi perhitungan MTD (Freitas, 2008)



Gambar 3.6 Ilustrasi konsep perhitungan base line, profile depth dan the texture indicators, mean profile depth dan perkiraan texture depth (dalam millimeter) (ISO 13473-1) (Freitas, 2008)

Setelah membandingkan angka Mu-meter dengan simulasi yang didapatkan pada analisis sebelumnya. Selanjutnya adalah memeriksa kesesuaian hasil simulasi dengan klasifikasi *skid resistance*/fraksi permukaan *runway* yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tabel Klasifikasi *Skid resistance*/Fraksi Permukaan *Runway*

	40 mph			60 mph		
	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction	Minimum	Maintenance Planning	New Design/ Construction
Mu Meter	.42	.52	.72	.26	.38	.66
Dynatest Consulting, Inc. Runway Friction Tester	.50	.60	.82	.41	.54	.72
Airport Equipment Co. Skiddometer	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Surface Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Airport Technology USA Safegate Friction Tester	.50	.60	.82	.34	.47	.74
Findlay, Irvine, Ltd. Griptester Friction Meter	.43	.53	.74	.24	.36	.64
Tatra Friction Tester	.48	.57	.76	.42	.52	.67
Norsemeter RUNAR (operated at fixed 16% slip)	.45	.52	.69	.32	.42	.63

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

4.1. Karakteristik Roda Ban Pesawat Dan Jumlah Pergerakan Pesawat Selama Tahun 2015 -2016

Berdasarkan data pergerakan pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda Surabaya terdapat beberapa jenis pesawat yang mendominasi lalu lintas penerbangan. Dengan tingginya pergerakan pesawat pertahun ini tentunya akan berpengaruh besar terhadap penumpukan karet/ *rubber deposit* pada *runway*.

Berikut merupakan spesifikasi pesawat yang beroperasi paling banyak pada tahun 2015-2016 di Bandara Internasional Juanda Surabaya.

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Panjang Pesawat dan Panjang Wheelbase

No.	Aircraft	Length (m)	Wheelbase (m)
1	A – 320	37,6	12,64
2	A – 332	59	22,2
3	A – 333	63,6	25,375
4	ATR – 72	27,2	10,67
5	B – 733	33,4	12,43
6	B – 735	31	10,97
7	B – 738	39,5	15,6
8	B – 739	42,12	17,17

Tabel 4.2 Data Spesifikasi Type Roda Pesawat, Main Gear Width (MGW) dan Panjang Antar Roda Utama

No.	Aircraft	Type Roda	MGW (m)	Track (m)
1	A – 320	Dual Wheel	8,96	7,59
2	A – 332	Dual Tandem	12,62	10,69
3	A – 333	Dual Tandem	12,62	10,69
4	ATR – 72	Dual Wheel	7,3	4,1

5	B – 733	Dual Wheel	6,4	5,25
6	B – 735	Dual Wheel	6,4	5,25
7	B – 738	Dual Wheel	7	5,75
8	B – 739	Dual Wheel	7	5,75

Tabel 4.3 Data Maksimum *Take off* (MTOW) dan *Landing* (MLW) Weight Pesawat

No.	Aircraft	MTOW (Kg)	MLW (Kg)
1	A – 320	77000	66000
2	A – 332	233000	182000
3	A – 333	233000	187000
4	ATR – 72	22800	22350
5	B – 733	63300	56470
6	B – 735	52390	49900
7	B – 738	70530	63320
8	B – 739	79015	71400

Dari data yang pergerakan pesawat pada tahun 2015 dan 2016. Didapatkan jumlah pergerakan pesawat baik *take off* dan *landing* pada dua tahun tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4, yaitu:

Tabel 4.4 Jumlah pergerakan pesawat pertahun

No.	Aircraft	Jumlah Pergerakan Pesawat pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat pada Tahun 2016
1	A – 320	4156	9192
2	A – 332	24	96
3	A – 333	400	328
4	ATR – 72	6152	8228
5	B – 733	8584	6824
6	B – 735	620	1996
7	B – 738	8432	9364
8	B – 739	10496	15344

Dari tabel diatas dilihat bahwa terdapat 5 tipe pesawat yang mendominasi pergerakan lalu lintas penerbangan Bandara International Juanda Surabaya pada tahun 2015 dan 2016. Yaitu Airbus A-320, ATR – 72, Boeing 737 – 300, Boeing 737 – 800 dan Boeing 737 – 900.

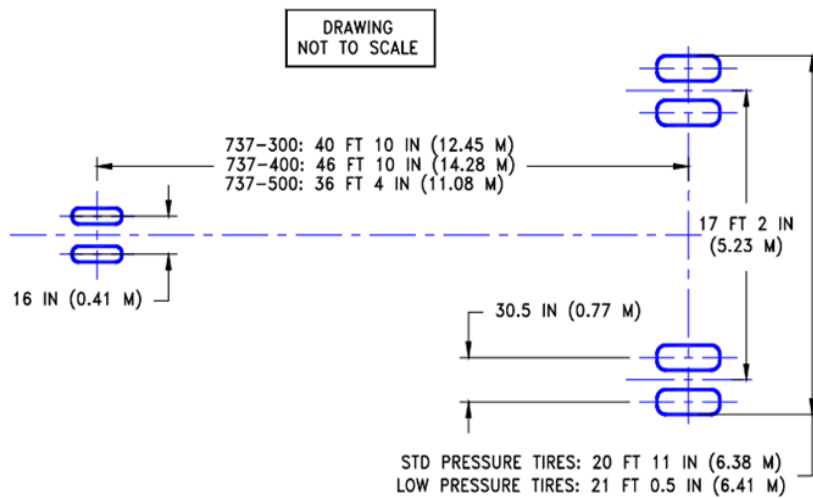
Kelima tipe pesawat ini sangat berperan dalam menentukan lebar dan juga tebal overlap penumpukan *rubber deposit* yang terjadi pada *runway*. Dikarenakan kelima tipe pesawat ini mempunyai frekuensi penerbangan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis pesawat lainnya yang beroperasi.

Area penumpukan *rubber deposit* ini dinjau dari konfigurasi roda pesawat dan juga lebar roda pesawat yang beroperasi pada Bandara Internasional Juanda Surabaya. Selain itu juga area penumpukan *rubber deposit* ini dihasilkan atau diakibatkan paling banyak pada saat *landing*. Dikarenakan pada saat *landing*, pesawat melakukan pengereman sehingga mengakibatkan gesekan antar roda pesawat dengan permukaan *runway* yang menimbulkan *rubber deposit*. Data konfigurasi pesawat dan lebar roda pesawat dapat dilihat pada tabel 4.4.

4.2. Identifikasi Jejak Roda Pesawat

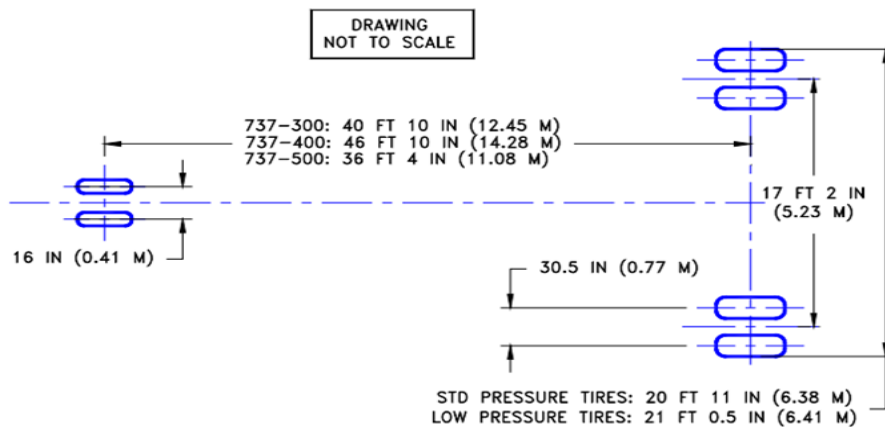
Pengidentifikasian jejak roda pesawat ini bertujuan untuk menganalisis area jejak roda pesawat yang beroperasi di Bandara Udara Internasional Juanda Surabaya. Pengidentifikasian jejak roda dilakukan untuk menentukan area roda pesawat dimana diperkirakan bahwa *rubber deposit* tertinggal paling banyak di area tersebut pada saat *landing*. Berikut ini kita lakukan pengidentifikasi jejak roda pesawat untuk setiap jenis pesawat yang melakukan pergerakan di Bandara Udara Internasional Juanda.

a. Gambar 4.1 konfigurasi pesawat	Boeing 737 - 300
Elevasi Pesawat :	2,75 m
Type Roda Pesawat :	Dual Wheel
Jarak Antar Main Gear :	5,23 m
Jarak Antar Ban Main Gear :	0,77 m



Gambar 4.1 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)

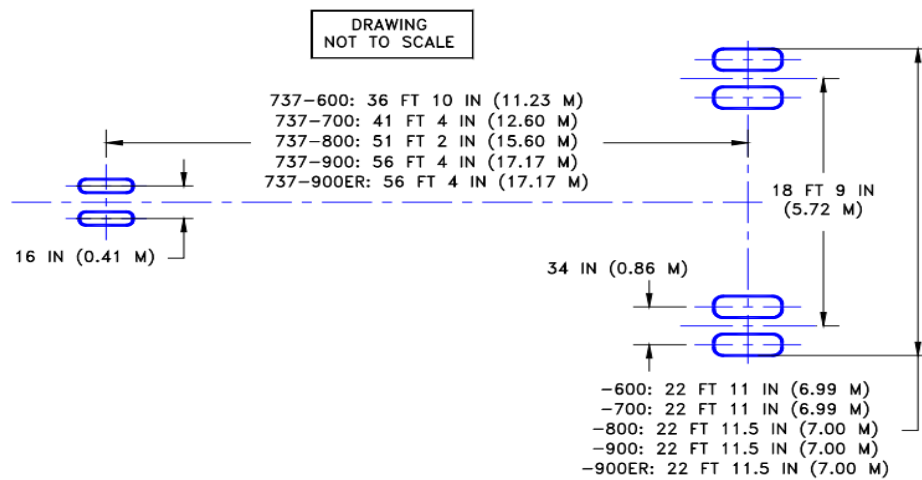
- b. Gambar 4.2 konfigurasi pesawat Boeing 737 - 500
- Elevasi Pesawat : 2,75 m
- Type Roda Pesawat : Dual Wheel
- Jarak Antar Main Gear : 5,23 m
- Jarak Antar Ban Main Gear : 0,77 m



Gambar 4.2 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)

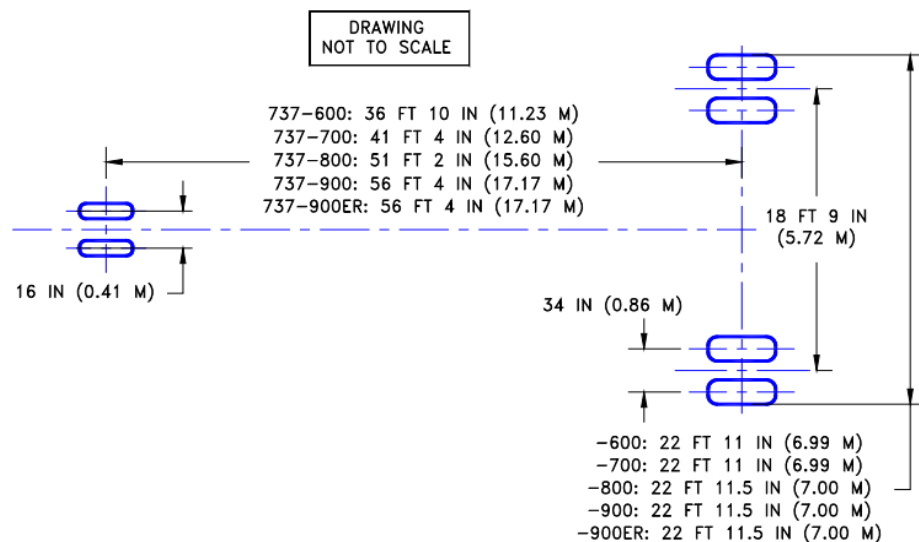
- c. Gambar 4.3 konfigurasi pesawat Boeing 737 - 800
- Elevasi Pesawat : 2,75 m
- Type Roda Pesawat : Dual Wheel
- Jarak Antar Main Gear : 5,72 m

Jarak Antar Ban Main Gear : 0,86 m



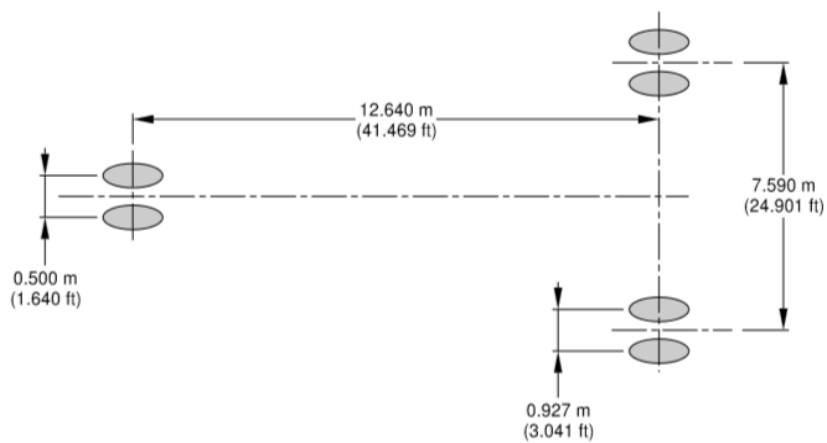
Gambar 4.3 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016)

- d. Gambar 4.4 konfigurasi pesawat Boeing 737 - 900
- Elevasi Pesawat : 2,75 m
- Type Roda Pesawat : Dual Wheel
- Jarak Antar Main Gear : 5,72 m
- Jarak Antar Ban Main Gear : 0,86 m



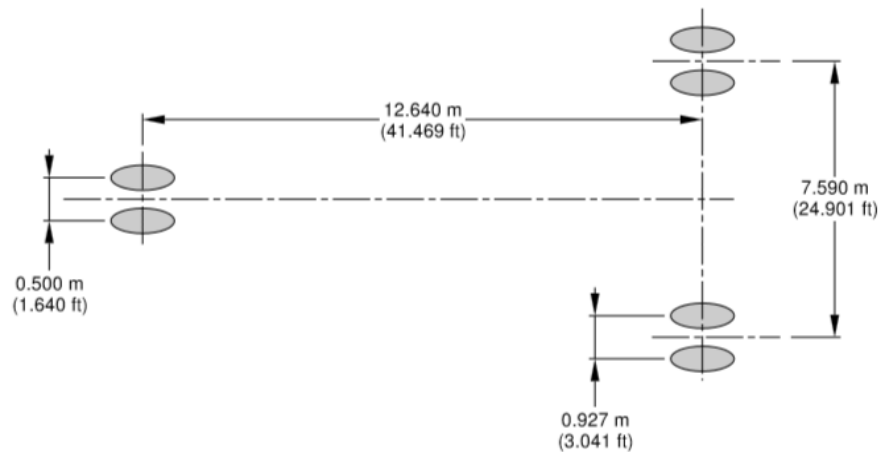
Gambar 4.4 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-600, Boeing 737-700, Boeing 737-800, Boeing 737-900 dan Boeing 737-900ER (Boeing, 2016)

- e. Gambar 4.5 konfigurasi pesawat Airbus A320
- | | |
|-----------------------------|------------|
| Elevasi Pesawat : | 2,75 m |
| Type Roda Pesawat : | Dual Wheel |
| Jarak Antar Main Gear : | 7,59 m |
| Jarak Antar Ban Main Gear : | 0,93 m |



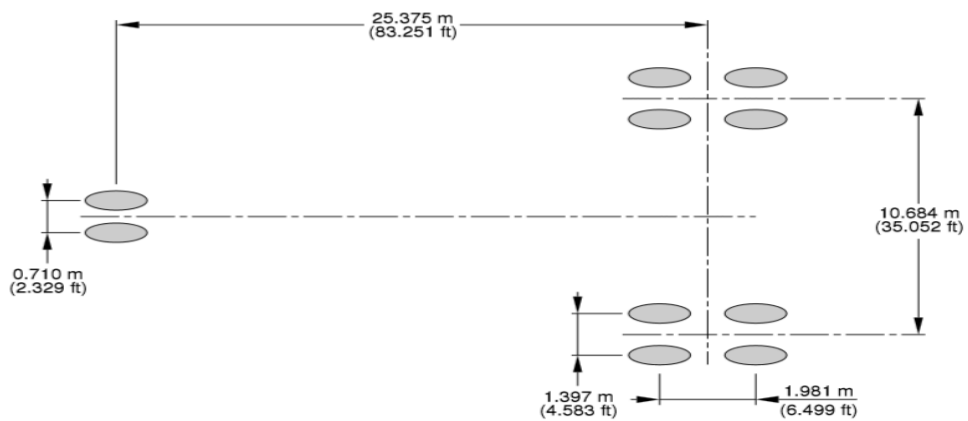
Gambar 4.5 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A320 (Airbus, 2016)

- f. Gambar 4.6 konfigurasi pesawat Airbus A330 – 200
- | | |
|-----------------------------|-------------|
| Elevasi Pesawat : | 2,75 m |
| Type Roda Pesawat : | Dual Tandem |
| Jarak Antar Main Gear : | 10,68 m |
| Jarak Antar Ban Main Gear : | 1,40 m |



Gambar 4.6 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330 - 200 (Airbus, 2016)

- g. Gambar 4.7 konfigurasi pesawat Airbus A330 - 300
 Elevasi Pesawat : 2,75 m
 Type Roda Pesawat : Dual Tandem
 Jarak Antar Main Gear : 10,68 m
 Jarak Antar Ban Main Gear : 1,40 m



Gambar 4.7 Konfigurasi Roda Pesawat Airbus A330 - 300 (Airbus, 2016)

Dari data diatas didapatkan konfigari roda pesawat untuk setiap jenis pesawat yang melakukan pergerakan roda pesawat di Bandara Udara Internasional Juanda. Selanjutnya adalah data lebar roda pesawat setiap pesawat yang

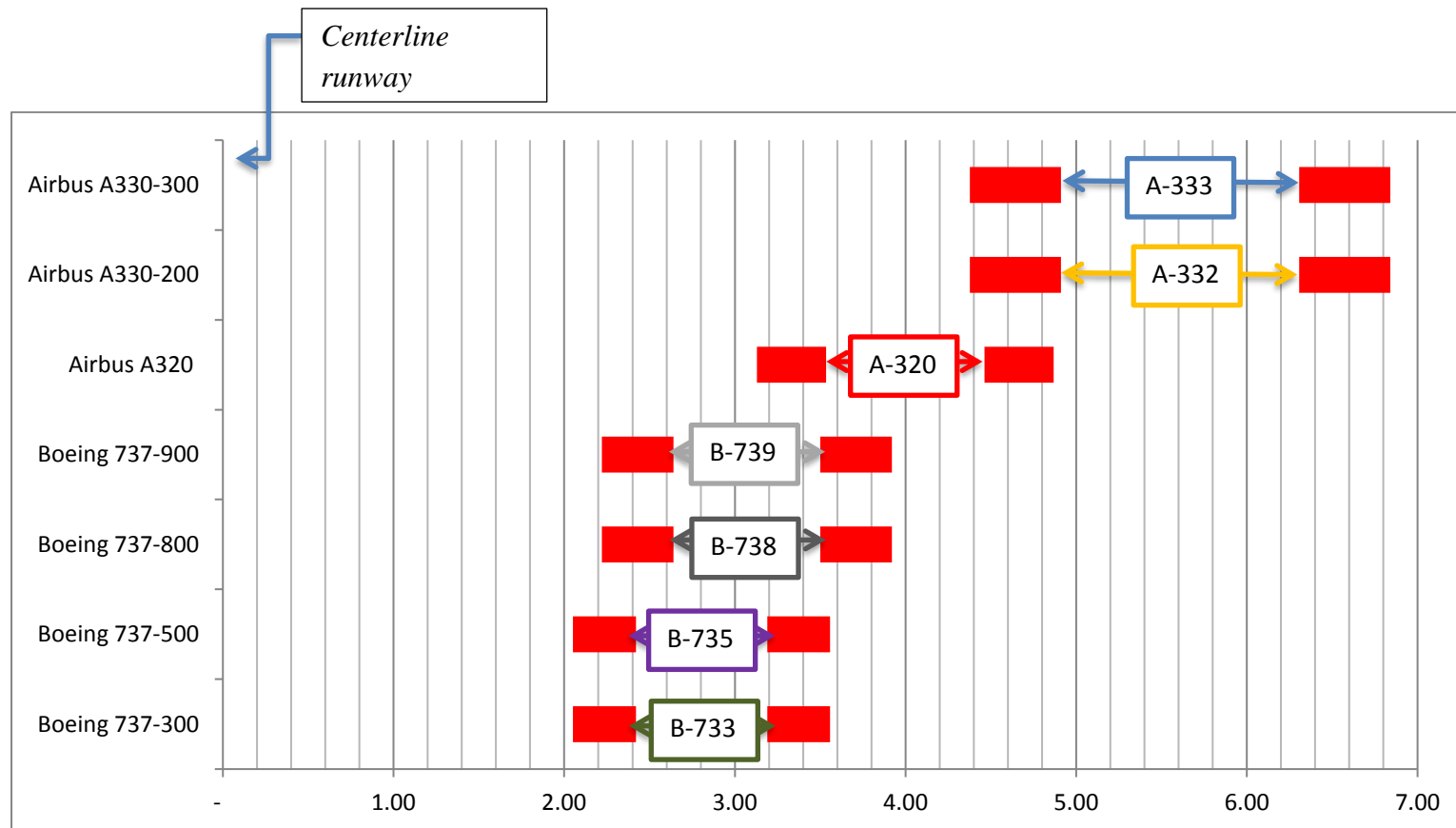
melakukan pergerakan di Bandara Udara Internasional Juanda. Data data lebar roda pesawat akan di perlihatkan pada Tabel 4.5 dibawah ini

Tabel 4.5 Lebar Roda Setiap Jenis Pesawat

No.	Jenis/Type Pesawat	Lebar Ban Pesawat(m)
1	Boeing 737-300	0.37
2	Boeing 737-500	0.37
3	Boeing 737-800	0.42
4	Boeing 737-900	0.42
5	Airbus A320	0.41
6	Airbus A330-200	0.53
7	Airbus A330-300	0.53

Selanjutnya dilakukan penggambaran posisi jejak roda tiap tipe pesawat yang beroperasi di Bandara Udara Internasional Juanda Surabaya. Tujuan penggambaran ini dilakukan untuk mengetahui area jejak roda yang mengalami overlap sehingga kita dapat memperkirakan area yang tertumpuknya *rubber deposit* yang paling banyak. Penggambaran ini akan di lampirkan pada Gambar 4.8.

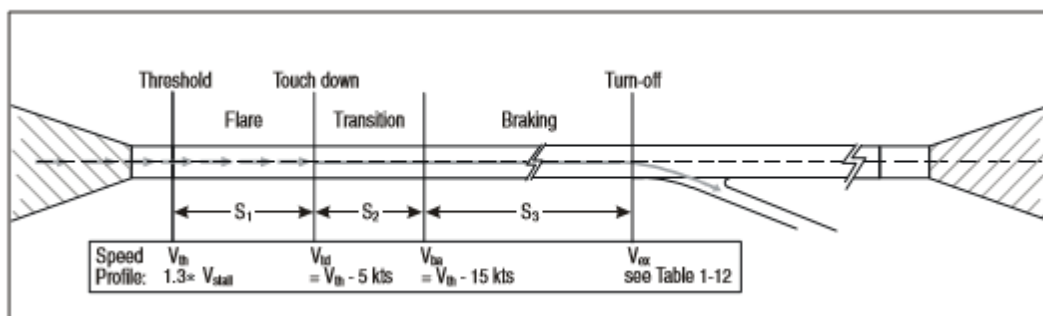
Dari hasil penggambaran itu dapat kita lihat bahwa daerah yang paling banyak terjadinya penumpukan adalah area sekitar 3 meter dari garis tengah *runway* (ini adalah perkiraan pesawat pada saat *landing* dimana nose gear mendarat posisinya berada tepat di garis tengah *runway*).



Gambar 4.8 Gambaran Posisi Roda Pendaratan Pesawat Pada *Runway* Dari Titik Tengah *Runway*

4.3. Identifikasi Panjang Pendaratan

Pengidentifikasian panjang pendaratan ini dilakukan untuk mengukur panjang pendaratan pesawat pada *runway* dari ujung ambang pendaratan pesawat sampai touchdown kemudian dari touchdown sampai titik pengurangan kecepatan pesawat (dimana kecepatan pesawat cuma 20 knot atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan untuk exit taxiway). Untuk mencari panjang pendaratan roda pesawat digunakan metode tiga segmen. Perhitungan metode tiga segmen dapat dilihat pada gambar 4.8 dan penjelasannya dapat dilihat di bab 2. Metode ini digunakan digunakan untuk mengukur panjang pendaratan pesawat pada *runway* dari ujung ambang pendaratan pesawat sampai touchdown kemudian dari touchdown sampai titik pengurangan kecepatan pesawat.



Gambar 4.9 Metode Tiga Segmen (Three Segment Method) (ICAO, 2005)

Metode tiga segmen ini hanya menggunakan data-data sekunder. Pertama dicari terlebih dahulu adalah data – data konfigurasi roda pesawat dan juga lebar roda pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Juanda Surabaya. Kedua dicari data-data kemiringan *runway* dan juga data tailwind yang terjadi di *runway* di Bandara Internasional Juanda Surabaya. Setelah data itu didapatkan, selanjutnya memasukkan nilai data tersebut kedalam rumusan metode tiga segmen.

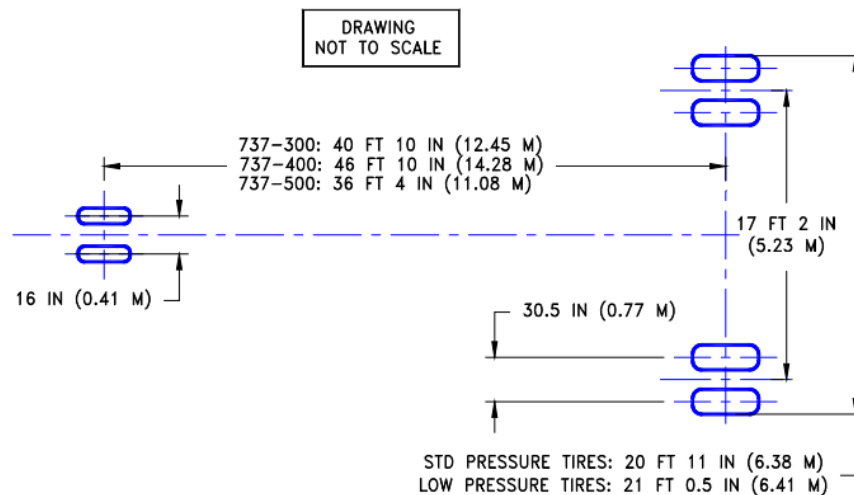
Contoh:

Boeing 737 – 300

- 1) Data konfigurasi roda pesawat (dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10)

Tipe roda : Dual Wheel

Panjang antar roda utama : 5,23 m
 Panjang ujung roda utama : 6,4 m
 Group pesawat : C
 Vat : 132 knot
 Lebar roda : 0,37 m



Gambar 4.10 Konfigurasi Roda Pesawat Boeing 737-300, Boeing 737-400 dan Boeing 737-500 (Boeing, 2016)

- 2) Data kemiringan dan tailwind di Bandara Udara Internasional Juanda
 Slope : 0.0°
 Tailwind : 0 knot
- 3) Data – data diatas akan digunakan dalam rumus metode tiga segmen yang dijelaskan pada Bab 2. Yaitu :

a. $S_1 = 450m + \text{koreksi kemiringan} + \text{koreksi tailwind}$

Koreksi kemiringan : 0.0

Koreksi tailwind : 0 knot

Dikarenakan nilai kemiringan dan juga tailwind nilainya nol tidak perlu dilakukan pengkoreksian, jadi $S_1 = 450$ m (untuk kelas pesawat C dan D)

b. $S_2 = 5 \times (V_{th} - 10)$ [V_{th} dalam knot]

V_{th} : 132 knot

$$S_2 = 5 \times (V_{th} - 10) = 5 \times (132 - 10) = 5 \times 122 = 610 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa nilai panjang $S_2 = 610$ m dimana panjang S_2 merupakan panjang transisi pesawat pada saat touchdown

$$c. S_3 = \frac{(V_{th}-15)^2 - V_{ex}^2}{8a} [V = knot, a = m/s^2]$$

V_{th} : 132 knot

V_{ex} : 20 knot (adalah kecepatan yang diperbolehkan masuk ke exitway)

a : 1,5 m/s² (adalah laju deselerasi yang dianggap sebagai nilai operasional yang realistis untuk pengereman pada permukaan landasan basah)

$$S_3 = \frac{(V_{th}-15)^2 - V_{ex}^2}{8a} = \frac{(132-15)^2 - (20)^2}{(8 \times 1,5)} = 1107,42 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa nilai panjang $S_3 = 1107,42$ m dimana panjang S_3 merupakan panjang pesawat pada saat melakukan pengereman.

- 4) Dari hasil perhitungan sebelumnya dapat kita gambarkan area jejak roda pesawat untuk Boeing 737 – 300, yang akan dilampirkan.

Dari hasil contoh perhitungan area jejak pesawat Boeing 737 – 300, perhtiungan tersebut akan digunakan untuk menganalisis plotting area jejak roda pesawat-pesawat lain yang beroperasi di Bandara International Juanda Surabaya. Hasil perhitungan pada akan disimpulkan pada tabel 4.8

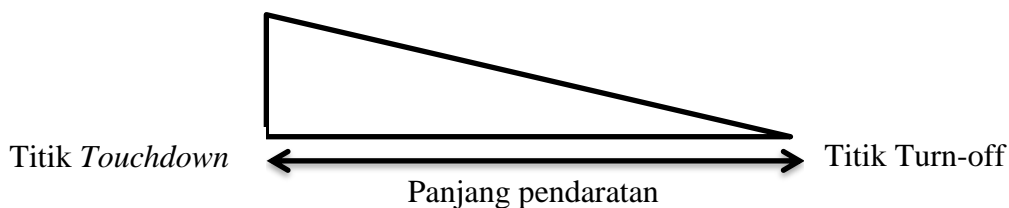
Dari hasil perhitungan tersebut akan digambarkan panjang pendaratan pesawat pada *runway*. Tujuan penggambaran ini dilakukan untuk panjang segmen 3 atau panjang segmen yang dimana pesawat melukan pengereman untuk mengurangi kecepatan pada saat mendarat. Atau disebut juga panjang deselerasi pesawat.

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan Area Jejak Roda Pesawat

Jenis/Type Pesawat	type roda pesawat	Group pesawat	Correc tion Slope	Correction Tailwind	Deceler ation (a) (knot)	Vth	Vtd = (Vth-5 kt)	Vba = (Vth-15kt))	Vex	S1 (m)	S2 (m)	S3 (m)	Panjang landing (S2+S3)
Boeing 737-300	Dual wheel	C	0%	0	1.5	132	127	117	20	450	610	1107.42	1717.42
Boeing 737-500	Dual wheel	C	0%	0	1.5	128	123	113	20	450	590	1030.75	1620.75
Boeing 737-800	Dual wheel	D	0%	0	1.5	147	142	132	20	450	685	1418.67	2103.67
Boeing 737-900	Dual wheel	D	0%	0	1.5	150	145	135	20	450	700	1485.42	2185.42
Airbus A320	Dual wheel	C	0%	0	1.5	137	132	122	20	450	635	1207.00	1842.00
Airbus A330-200	Dual tandem	C	0%	0	1.5	140	135	125	20	450	650	1268.75	1918.75
Airbus A330-300	Dual tandem	C	0%	0	1.5	140	135	125	20	450	650	1268.75	1918.75
ATR 70	Dual wheel	B	0%	0	1.5	120	115	105	20	250	550	885.42	1435.42

4.4. Analisis Ketebalan *Rubber deposit* Setiap Type Dan Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015 -2016

Analisis ini dilakukan untuk menganalisis distribusi ketebalan *rubber deposit* sesuai dengan tipe dan variasi pesawat yang berada atau beroperasi di bandara Juanda. Pada gambar 4.11 menunjukkan gambar segitiga perubahan kecepatan pada saat touchdown sampai ke titik turn-off atau kecepatan pesawat yang diperbolehkan masuk ke exit taxiway. Ilustrasi segitiga dibuat dengan asumsi bahwa penumpukan *rubber deposit* terbesar adalah pada saat touchdown yang kemudian berkurang sesuai dengan penurunan kecepatan pesawat tersebut.



Gambar 4.11 Ilustrasi pengurangan tebal *rubber deposit* sepanjang panjang pendaratan

Dari perhitungan di sebelumnya didapatkan panjang pendaratan pesawat. selanjutnya dicari tinggi atau tebal *rubber deposit* pada titik touchdown. Dengan menggunakan rumus segitiga yaitu :

$$\text{Tinggi pada titik Touchdown} = \frac{\text{Luasan segitiga rubber deposit}}{1/2 \times \text{panjang pendaratan}}$$

Dikarenakan yang diketahui hanya panjang pendaratan, maka dicari terlebih dahulu adalah luasan segitiga *rubber deposit*. Untuk mencari luasan segitiga *rubber deposit* tersebut dapat digunakan rumusan berat jenis karet roda pesawat. yaitu:

$$\text{Berat jenis karet} = \frac{\text{Berat Rubber deposit}}{\text{Volume Rubber deposit}}$$

$$\text{Berat Jenis Karet} = \frac{\text{Berat Rubber deposit}}{\text{Lebar roda} \times \text{Luasan segitiga rubber deposit}}$$

$$\text{Luasan segitiga rubber deposit} = \frac{\text{Berat Rubber deposit}}{\text{Lebar roda} \times \text{Berat Jenis Karet}}$$

Dari penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa rata-rata pada setiap proses pendarataan pesawat akan meninggalkan *rubber deposit* sebanyak 700 gram untuk 1 jenis pesawat (Douglass, 2008). Sehingga berat *rubber deposit* yang digunakan dalam perhitungan ini adalah 700 gr.

Contoh:

Boeing 737 – 300

Tipe roda : Dual Wheel
 Lebar roda pesawat : 0,37 m
 Berat *rubber deposit* : 700 gram (Douglass, 2008)
 Berat jenis karet : $481 \text{ kg/m}^3 = 481.000 \text{ gr/m}^3$
 (sumber: http://www.simetric.co.uk/si_materials.htm)

Perhitungan:

- $\text{Luasan segitiga rubber deposit} = \frac{\text{Berat Rubber deposit}}{\text{Lebar roda} \times \text{Berat Jenis Karet}}$
- $\text{Luasan segitiga rubber deposit} = \frac{700}{(4 \times 0,37) \times 481000}$
- $\text{Luasan segitiga rubber deposit} = \frac{700}{708609,29} = 0,0009878 \text{ m}^2$

Keterangan:

Lebar roda dikalikan 4 dikarenakan tipe roda pesawat 737 – 300 adalah dual wheel dimana roda pesawat 737 – 300 berjumlah 4. Dan untuk dual tandem lebar roda dikalikan 8 dikarenakan jumlah roda pada dual tandem tersebut berjumlah 8 roda.

Dari contoh perhitungan diatas, dibuatkan tabel kesimpulan perhitungan luasan segitiga *rubber deposit*. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.7, yaitu:

Tabel 4.7 hasil perhitungan luasan segitiga *rubber deposit* setiap jenis pesawat

Type Pesawat	Type roda	Lebar roda (m)	Berat Jenis Karet (gr/m ³)	Luasan segitiga <i>rubber deposit</i> (m ²)
Boeing 737-300	Dual wheel	0.37	481,000	0.00098785
Boeing 737-500	Dual wheel	0.37	481,000	0.00098785
Boeing 737-800	Dual wheel	0.42	481,000	0.00086811
Boeing 737-900	Dual wheel	0.42	481,000	0.00086811
Airbus A320	Dual wheel	0.41	481,000	0.00089524
Airbus A330-200	Dual tandem	0.53	481,000	0.00034104
Airbus A330-300	Dual tandem	0.53	481,000	0.00034104

Kemudian dari hasil perhitungan segitiga *rubber deposit* yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya, selanjutnya mencari tinggi (tebal) pada titik touchdown.

Contoh:

Boeing 737 – 300

Tipe roda : Dual Wheel

Lebar roda pesawat : 0,37 m

Panjang pendaratan : 1107,42 m

Luasan segitiga *rubber deposit* : 0,00098785 m²

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{➤ Tinggi pada titik Touchdown} &= \frac{\text{Luasan segitiga rubber deposit}}{1/2 \times \text{panjang pendaratan}} \\ \text{➤ Tinggi pada titik Touchdown} &= \frac{0,00098785}{1/2 \times 1107,42} = 0,00000115 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas, dibuatkan tabel kesimpulan perhitungan tinggi (tebal) *rubber deposit* pada titik touchdown.. Yang dapat dilihat pada tabel 4.8, yaitu:

Tabel 4.8 tinggi (tebal) *rubber deposit* pada titik touchdown untuk setiap jenis pesawat

Type Pesawat	Panjang Pendaratan (m)	Luasan segitiga <i>rubber deposit</i> (m ²)	Tinggi (Tebal) <i>Rubber deposit</i> Pada Titik Touchdown (m)	Tinggi (Tebal) <i>Rubber deposit</i> Pada Titik Touchdown (mm)
Boeing 737-300	1107.42	0.00098785	0.00098785	0.00115
Boeing 737-500	1030.75	0.00098785	0.00098785	0.00122
Boeing 737-800	1418.67	0.00086811	0.00086811	0.00083
Boeing 737-900	1485.42	0.00086811	0.00086811	0.00079
Airbus A320	1207.00	0.00089524	0.00089524	0.00097
Airbus A330-200	1268.75	0.00034104	0.00034104	0.00036
Airbus A330-300	1268.75	0.00034104	0.00034104	0.00036

Dari hasil perhitungan ketebalan *rubber deposit* selanjutnya adalah mencari persentase rata – rata distribusi pergerakan pesawat setiap ujung *runway* (R10 & R28). Yang dapat dilihat pada Tabel 4.9:

Tabel 4.9 Persentase Pergerakan Pesawat Pada *Runway* 10 & *Runway* 28

Tahun	R10	R28	Total	Persentase	
				R10	R28
2005	66460	14547	81007	82%	18%
2006	75055	15150	90205	83%	17%
2007	70339	14875	85214	83%	17%
Rata – rata persentase pergerakan pesawat				83%	17%

Selanjutnya adalah mencari distribusi pergerakan pesawat pada tahun 2015 dan 2016 untuk masing – masing arah *runway* 10 & 28 selama 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan. Dalam tabel dibawah ini akan menunjukkan hasil kesimpulan perhitungan distribusi pergerakan pesawat pada tahun 2015 dan 2016 untuk masing – masing arah *runway* 10 & *runway* 28.

Tabel 4.10 Tabel Perhitungan Distribusi Untuk Masing – Masing Pesawat Pada
Kedua Ujung *Runway*

Type Pesawat	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2016	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Pada Arah		Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Pada Arah	
			R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	8584	6824	7090	1494	5636	1188
Boeing 737-500	620	1996	512	108	1649	347
Boeing 737-800	8432	9364	6965	1467	7734	1630
Boeing 737-900	10496	15344	8669	1827	12674	2670
Airbus A320	4156	9192	3433	723	7592	1600
Airbus A330-200	24	96	20	4	79	17
Airbus A330-300	400	328	330	70	271	57

Tabel 4.11 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari

Type Pesawat	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2016	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Hari Pada Arah		Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Hari Pada Arah	
			R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	8584	6824	19	4	15	3
Boeing 737-500	620	1996	1	1	5	1
Boeing 737-800	8432	9364	19	4	21	4
Boeing 737-900	10496	15344	24	5	35	7
Airbus A320	4156	9192	9	2	21	4
Airbus A330-200	24	96	1	1	1	1
Airbus A330-300	400	328	1	1	1	1

Tabel 4.12 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu

Type Pesawat	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2016	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Minggu Pada Arah		Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Minggu Pada Arah	
			R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	8584	6824	136	29	108	23
Boeing 737-500	620	1996	10	2	32	7
Boeing 737-800	8432	9364	134	28	149	31
Boeing 737-900	10496	15344	167	35	244	51
Airbus A320	4156	9192	66	14	146	31

Tabel 4.13 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu
(Lanjutan)

Type Pesawat	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2016	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Minggu Pada Arah		Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Minggu Pada Arah	
			R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Airbus A330-200	24	96	1	1	2	1
Airbus A330-300	400	328	6	1	5	1

Tabel 4.14 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan

Type Pesawat	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2015	Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Tahun 2016	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Bulan Pada Arah		Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Bulan Pada Arah	
			R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	8584	6824	591	125	470	99
Boeing 737-500	620	1996	43	9	137	29
Boeing 737-800	8432	9364	580	122	645	136
Boeing 737-900	10496	15344	722	152	1056	223
Airbus A320	4156	9192	286	60	633	133
Airbus A330-200	24	96	2	1	7	2
Airbus A330-300	400	328	28	6	23	5

Setelah didapatkan distribusi pergerakan pesawat pada kedua ujung *runway* pada tahun 2015 & 2016 maka dicari tebal *rubber deposit* pada kedua ujung *runway* pada tahun 2015 & 2016. Perhitungan pada tahap ini adalah distribusi pergerakan pesawat pada kedua ujung *runway* dikalikan dengan nilai tinggi *rubber deposit* pada titik pesawat saat touchdown (tebal tertinggi *rubber deposit*). Hasil perhitungan tebal *rubber deposit* itu akan diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari pada Tahun 2015

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Hari Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 hari Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	19	4	0.162205	0.004602
Boeing 737-500	0.00122	1	1	0.001219	0.001219
Boeing 737-800	0.00083	19	4	0.015681	0.003301
Boeing 737-900	0.00079	24	5	0.019067	0.003972
Airbus A320	0.00097	9	2	0.008748	0.001944
Airbus A330-200	0.00036	1	1	0.000355	0.000355
Airbus A330-300	0.00036	1	1	0.000355	0.000355

Tabel 4.16 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Hari pada Tahun 2016

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Hari Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 hari Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	15	3	0.01726	0.00345
Boeing 737-500	0.00122	1	1	0.00610	0.00122
Boeing 737-800	0.00083	19	4	0.01733	0.00330
Boeing 737-900	0.00079	24	5	0.02781	0.00556
Airbus A320	0.00097	9	2	0.02041	0.00389
Airbus A330-200	0.00036	1	1	0.00036	0.00036
Airbus A330-300	0.00036	1	1	0.00036	0.00036

Tabel 4.17 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2015

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Minggu Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Minggu Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	136	29	0.156453	0.033361
Boeing 737-500	0.00122	10	2	0.012190	0.002438
Boeing 737-800	0.00083	134	28	0.110594	0.023109
Boeing 737-900	0.00079	167	35	0.132675	0.027806
Airbus A320	0.00097	66	14	0.064154	0.013608

Tabel 4.18 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2015 (Lanjutan)

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Minggu Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Minggu Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Airbus A330-200	0.00036	1	1	0.000355	0.000355
Airbus A330-300	0.00036	6	1	0.002133	0.000355

Tabel 4.19 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Minggu pada Tahun 2016

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Minggu Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Minggu Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	108	23	0.124242	0.026459
Boeing 737-500	0.00122	32	7	0.039008	0.008533
Boeing 737-800	0.00083	149	31	0.122974	0.025585
Boeing 737-900	0.00079	244	51	0.193848	0.040517
Airbus A320	0.00097	146	31	0.141916	0.030133
Airbus A330-200	0.00036	2	1	0.000711	0.000355
Airbus A330-300	0.00036	5	1	0.001777	0.000355

Tabel 4.20 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2015

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2015 Dalam 1 Bulan Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	591	125	0.679881	0.143799
Boeing 737-500	0.00122	43	9	0.052417	0.010971
Boeing 737-800	0.00083	580	122	0.478692	0.100690
Boeing 737-900	0.00079	722	152	0.573599	0.120758
Airbus A320	0.00097	286	60	0.278001	0.058322
Airbus A330-200	0.00036	2	1	0.000711	0.000355
Airbus A330-300	0.00036	28	6	0.009954	0.002133

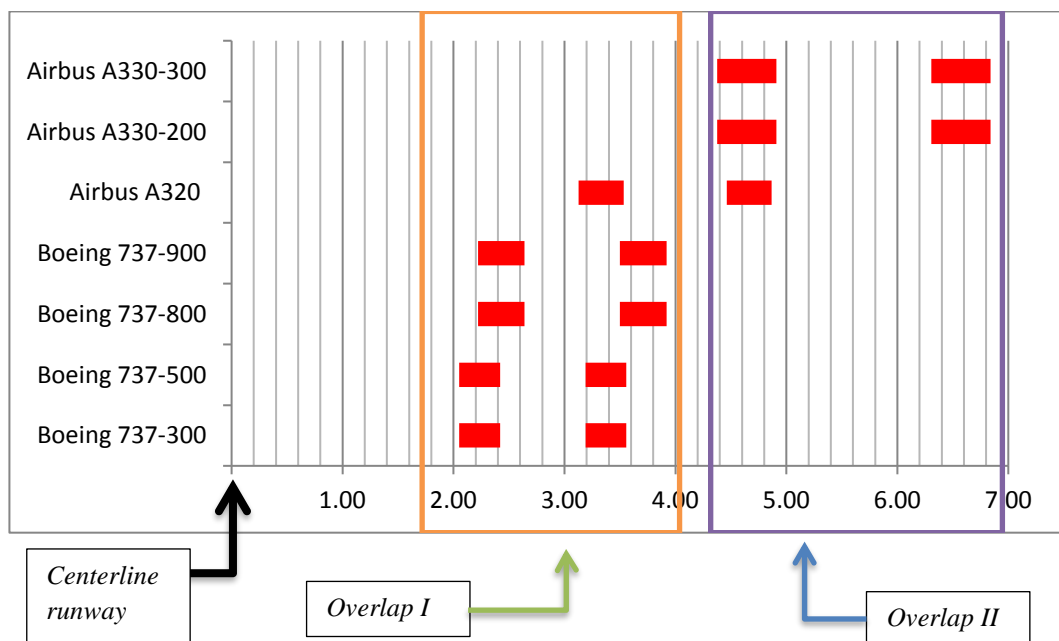
Tabel 4.21 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2016

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Bulan Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.00115	470	99	0.540684	0.113889
Boeing 737-500	0.00122	137	29	0.167004	0.035351
Boeing 737-800	0.00083	645	136	0.532339	0.112245
Boeing 737-900	0.00079	1056	223	0.838948	0.177164

Tabel 4.22 Tabel Perhitungan Distribusi Pergerakan Pesawat Dalam 1 Bulan pada Tahun 2016

Type Pesawat	Tinggi <i>rubber deposit</i> pada Titik touchdown (mm)	Jumlah Pergerakan Aircraft Pada Tahun 2016 Dalam 1 Bulan Pada Arah		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
		R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Airbus A320	0.00097	633	133	0.615295	0.129280
Airbus A330-200	0.00036	7	2	0.002488	0.000711
Airbus A330-300	0.00036	23	5	0.008176	0.001777

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas, maka selanjutnya adalah mencari nilai tebal *overlap* pada runway 10 & 28. Dimana Hasil perhitungan tebal *rubber deposit* pada 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan pada tahun 2015 & 2016 ditambahkan sesuai posisi *overlap* yang terjadi yang dijelaskan pada bab 4.2.



Gambar 4.12 Gambaran Posisi Roda Pesawat dan Juga *Overlap* yang terjadi Pada Saat Pesawat Mendarat

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa terdapat 2 *overlap* yang terjadi pada *runway* pada saat mendarat. Oleh karena itu dilakukan perhitungan setiap *overlap* yang terjadi pada *runway*. Untuk *overlap* I adalah jumlah total tebal *rubber deposit* Boeing 737 – 300, 737 – 500, 737 – 800, 737 – 900 & Airbus A320. Sedangkan *overlap* II adalah jumlah total tebal *rubber deposit* Airbus A320, A330 – 200 & A330 – 300. Tabel dibawah ini menunjukkan jumlah total *overlap* I & II pada tahun 2015 & 2016.

Tabel 4.23 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal *Rubber deposit* untuk *Overlap* I pada Tahun 2015

Type Pesawat	Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Hari Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Minggu Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.021857	0.004602	0.156453	0.033361	0.679881	0.143799
Boeing 737-500	0.001219	0.001219	0.012190	0.002438	0.052417	0.010971
Boeing 737-800	0.015681	0.003301	0.110594	0.023109	0.478692	0.100690
Boeing 737-900	0.019067	0.003972	0.132675	0.027806	0.573599	0.120758
Airbus A320	0.008748	0.001944	0.064154	0.013608	0.278001	0.058322
Σ	0.066573	0.015038	0.476066	0.100323	2.06259	0.43454

Keterangan:

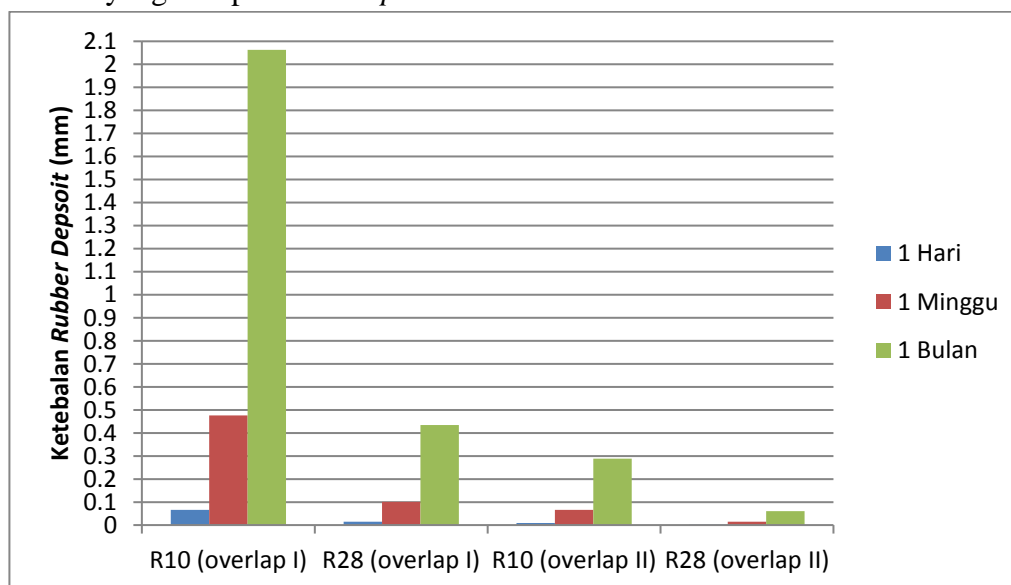
- 1) Tabel 4.24 adalah tabel perhitungan total *rubber deposit* untuk *overlap* I yang dpat dilihat pada gambar 4.12
- 2) Tipe pesawat yang paling berpengaruh terhadap ketebalan *rubber deposit* adalah pesawat tipe Boeing 737 – 300. Dikarenakan bahwa jenis pesawat ini paling banyak frekuensi pergerakan dibandingkan dengan tipe pesawat yang lain pada *overlap* I

Tabel 4.24 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal *Rubber deposit* untuk Overlap II pada Tahun 2015

Type Pesawat	Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Hari Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Minggu Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2015 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Airbus A320	0.008748	0.001944	0.064154	0.013608	0.278001	0.058322
Airbus A330-200	0.000355	0.000355	0.000355	0.000355	0.000711	0.000355
Airbus A330-300	0.000355	0.000355	0.002133	0.000355	0.009954	0.002133
Σ	0.009459	0.002655	0.066642	0.014319	0.288665	0.06081

Keterangan:

- 1) Tabel 4.25 adalah tabel perhitungan total *rubber deposit* untuk *overlap II* yang dapat dilihat pada gambar 4.12
- 2) Tipe pesawat yang paling berpengaruh terhadap ketebalan *rubber deposit* adalah pesawat tipe Airbus A320. Dikarenakan bahwa jenis pesawat ini paling banyak frekuensi pergerakan dibandingkan dengan tipe pesawat yang lain pada *overlap II*



Gambar 4.13 Grafik Total *Rubber deposit* Yang Tertinggal Di Kedua Ujung *Runway* Pada Tahun 2015

Tabel 4.25 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal *Rubber deposit* untuk Overlap I pada Tahun 2016

Type Pesawat	Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Hari Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Minggu Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Boeing 737-300	0.01726	0.00345	0.124242	0.026459	0.540684	0.113889
Boeing 737-500	0.00610	0.00122	0.039008	0.008533	0.167004	0.035351
Boeing 737-800	0.01733	0.00330	0.122974	0.025585	0.532339	0.112245
Boeing 737-900	0.02781	0.00556	0.193848	0.040517	0.838948	0.177164
Airbus A320	0.02041	0.00389	0.141916	0.030133	0.615295	0.129280
Σ	0.088902	0.017421	0.621989	0.131228	2.694269	0.567929

Keterangan:

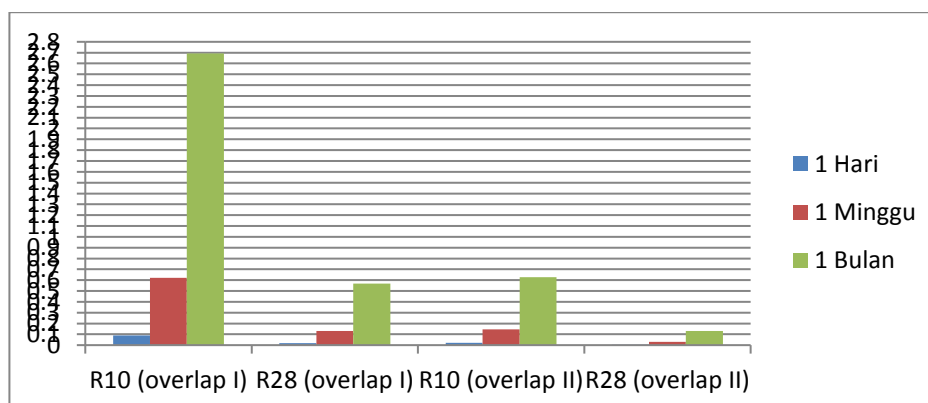
- 1) Tabel 4.26 adalah tabel perhitungan total *rubber deposit* untuk *overlap I* yang dpat dilihat pada gambar 4.12
- 2) Tipe pesawat yang paling berpengaruh terhadap ketebalan *rubber deposit* adalah pesawat tipe Boeing 737 – 900. Dikarenakan bahwa jenis pesawat ini paling banyak frekuensi pergerakan dibandingkan dengan tipe pesawat yang lain pada *overlap I*

Tabel 4.26 Tabel Hasil Perhitungan Total Tebal *Rubber deposit* untuk Overlap II pada Tahun 2016

Type Pesawat	Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Hari Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Minggu Pada Arah (mm)		Total tebal <i>rubber deposit</i> tahun 2016 per 1 Bulan Pada Arah (mm)	
	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)	R10 (83%)	R28 (17%)
Airbus A320	0.02041	0.00389	0.141916	0.030133	0.615295	0.129280
Airbus A330-200	0.00036	0.00036	0.000711	0.000355	0.002488	0.000711
Airbus A330-300	0.00036	0.00036	0.001777	0.000355	0.008176	0.001777
Σ	0.021124	0.00459	0.144405	0.030844	0.62596	0.131768

Keterangan:

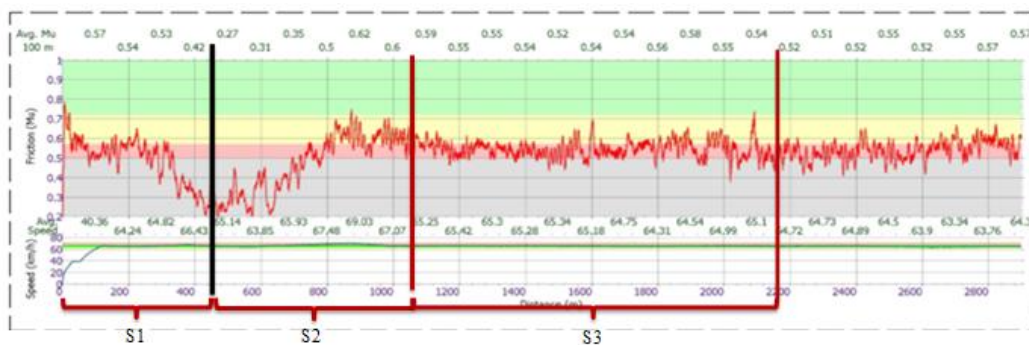
- 1) Tabel 4.25 adalah tabel perhitungan total *rubber deposit* untuk *overlap II* yang dapat dilihat pada gambar 4.12
- 2) Tipe pesawat yang paling berpengaruh terhadap ketebalan *rubber deposit* adalah pesawat tipe Airbus A320. Dikarenakan bahwa jenis pesawat ini paling banyak frekuensi pergerakan dibandingkan dengan tipe pesawat yang lain pada *overlap II*



Gambar 4.14 Grafik Total *Rubber deposit* Yang Tertinggal Di Kedua Ujung *Runway* Pada Tahun 2016

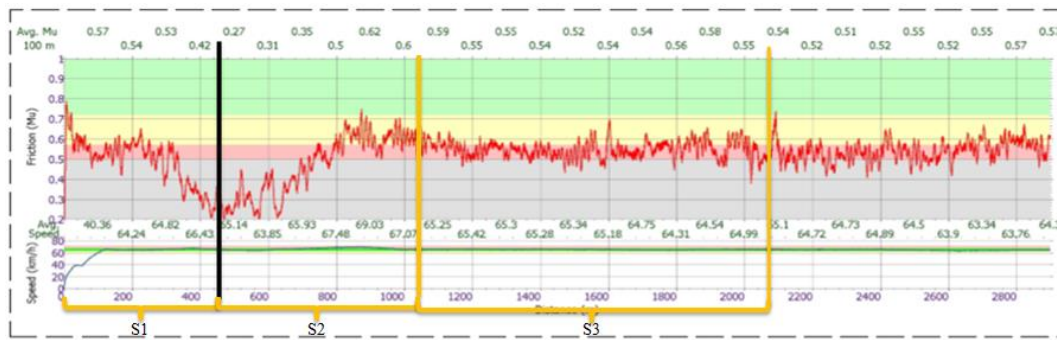
4.5. Kesesuaian Hasil Asumsi Perhitungan Dengan Data Mu-Meter Yang Didapatkan Dilapangan

Pengecekan ini dilakukan untuk membandingkan hasil data perhirungan dengan data mu-meter apakah hasil perhitungan ini sesuai dengan data mu-meter. Apabila sesuai dapat dilanjutkan untuk mencari periode atau penjadwalan pembersihan *rubber deposit* tersebut. Yang dapat dilihat digambar dibawah ini.



Gambar 4.15 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 300 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan *centerline*

Pada Gambar 4.15 Dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Boeing 737 – 300 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Boeing 737 – 300 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat Boeing 737 – 300 adalah 610 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Boeing 737 – 300 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1107,42 meter. Panjang pendaratan pesawat Boeing 737 – 300 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Boeing 737 – 300 adalah 1717,42 meter.



Gambar 4.16 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 500 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan *centerline*

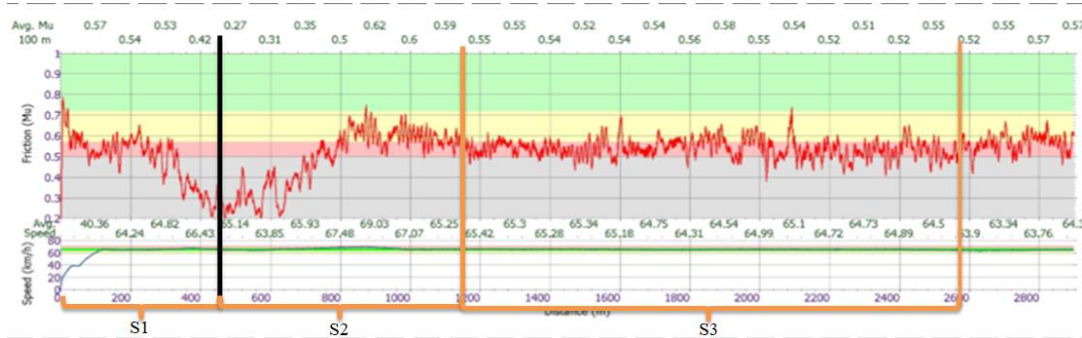
Pada Gambar 4.16 Dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Boeing 737 – 500 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Boeing 737 – 500 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat Boeing 737 – 500 adalah 590 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Boeing 737 – 500 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1030,75 meter. Panjang pendaratan pesawat Boeing 737 – 500 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Boeing 737 – 300 adalah 1620,75 meter.



Gambar 4.17 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 800 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan *centerline*

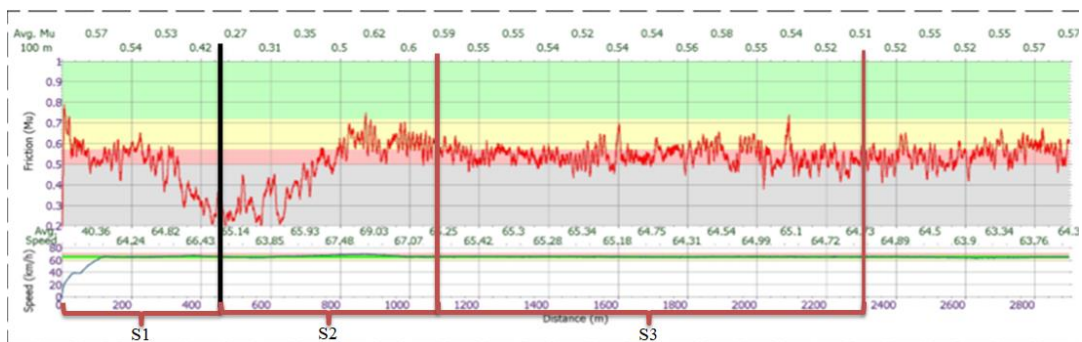
Pada Gambar 4.17 Dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Boeing 737 – 800 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Boeing 737 – 800 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat

Boeing 737 – 800 adalah 685 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Boeing 737 – 800 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1418,67 meter. Panjang pendaratan pesawat Boeing 737 – 800 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Boeing 737 – 800 adalah 2103,67 meter.

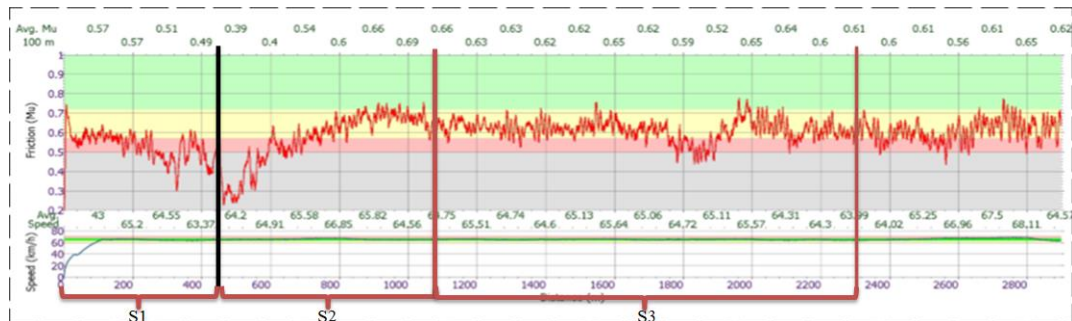


Gambar 4.18 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Boeing 737 – 900 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan *centerline*

Pada Gambar 4.18 Dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Boeing 737 – 900 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Boeing 737 – 900 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat Boeing 737 – 900 adalah 700 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Boeing 737 – 900 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1485,42 meter. Panjang pendaratan pesawat Boeing 737 – 900 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Boeing 737 – 900 adalah 2185,42 meter

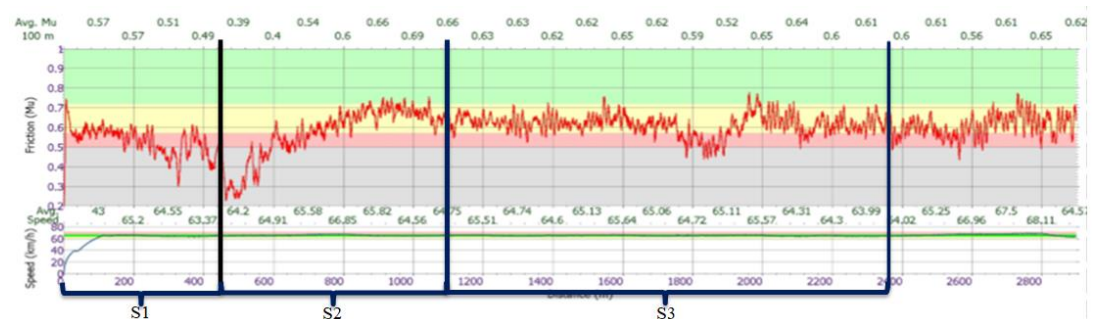


Gambar 4.19 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A320 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 3 meter dari kanan *centerline*



Gambar 4.20 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A320 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 6 meter dari kanan *centerline*

Gambar 4.19 dan gambar 4.20 merupakan gambaran panjang pendaratan Airbus A320, yang membedakan adalah gambar 4.19 adalah gambaran roda *maingear* untuk roda dalam sedangkan gambar 4.20 gambaran roda *maingear* untuk roda luar. Dari dua gambar tersebut dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Airbus A320 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Airbus A320 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat Airbus A320 adalah 635 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Airbus A320 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1207 meter. Panjang pendaratan pesawat Airbus A320 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Airbus A320 adalah 1842 meter.



Gambar 4.21 Gambaran Hasil Perhitungan Panjang Pendaratan Pesawat Airbus A330 – 200 & Airbus A330 – 300 Pada Data Mu – Meter 10 -28 untuk 6 meter dari kanan *centerline*

Gambar 4.21 merupakan gambaran 2 jenis pesawat dikarenakan hasil dari perhitungan panjang pendaratan didapatkan panjang pendaratan A330 – 200 sama dengan pesawat A330 – 300. Dari gambar 4.21 dapat dilihat bahwa garis hitam merupakan batasan roda pesawat Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 menyentuh *runway*. Jarak dari ambang pendaratan (*landing threshold*) sampai *maingear touchdown* (S_1) untuk pesawat Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 adalah 450 meter. Jarak yang transisi dari deret *maingear* (S_2) pesawat Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 adalah 650 meter. Dan jarak untuk deselerasi pesawat Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 pada sampai kecepatan *turn-off* (S_3) adalah 1268,75 meter. Panjang pendaratan pesawat Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 adalah jarak pesawat pada saat *touchdown* sampai kecepatan *turn-off* adalah total jarak S_2 dan S_3 . Jadi panjang pendaratan Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 adalah 1918,75 meter

Hasil Analisa tersebut dibuatkan gambaran panjang pendaratan pada Mu – meter yang dapat dilihat pada gambar 4.22 dan gambar 4.23

MuMeter Run Report

JUANDA SURABAYA AIRPORT

RUNWAY 10-28

Calibration Results		
Zero Reference	02/02/2016 16:33:19	23
Distance	25/05/2010 22:05:06	406
Board Test	02/02/2016 19:12:20	5905

Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
10-28	0.47	0.55	0.54	0.52

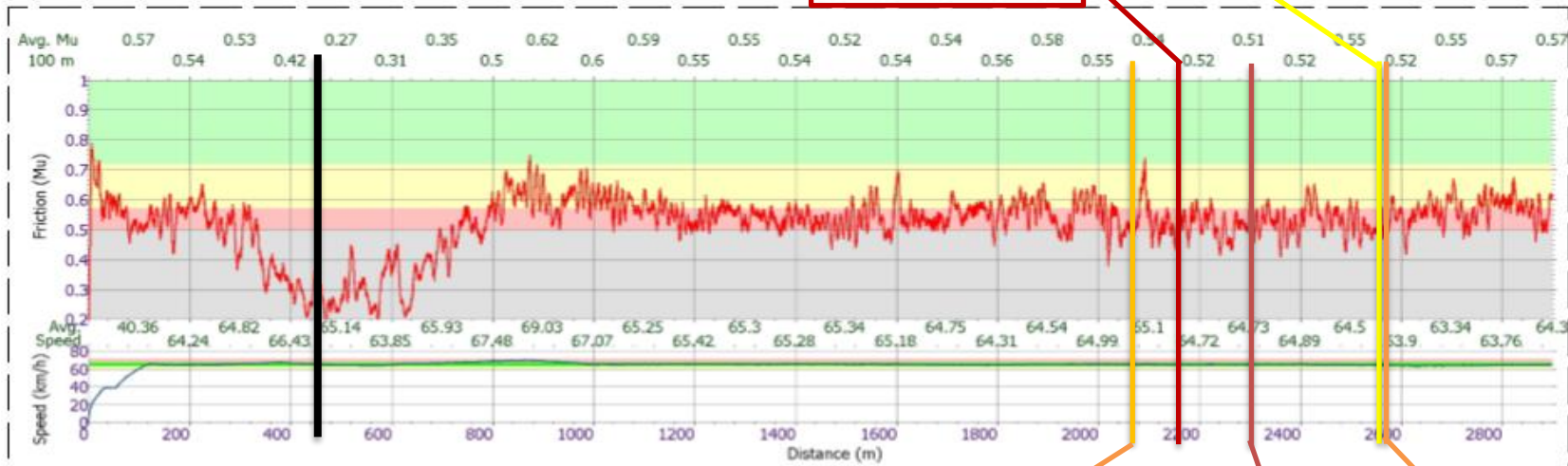
Run Start:	18/03/2016 03:13:08	
Auto. End Distance	On	
Distance Travelled	2900	meters
Average Speed	64.3	km/h

Weather Condition	FINE
Air Temperature	27
Operator Notes	3 METER KANAN

Boeing 737 - 800

Boeing 737 - 300

Location	Event Note
m	
m	
m	



18/03/2016 03:17:09

Boeing 737 - 500

Airbu A320

Boeing 737 - 900

Gambar 4.22 Data Mu-meter Dengan Panjang Pendarataan Pesawat Dari Runway 10 – Runway 28. Dari 3 meter garis Centerline

MuMeter Run Report

JUANDA SURABAYA AIRPORT RUNWAY 10-28

Calibration Results		
Zero Reference	02/02/2016 16:33:19	23
Distance	25/05/2010 22:05:06	406
Board Test	02/02/2016 19:12:20	5905

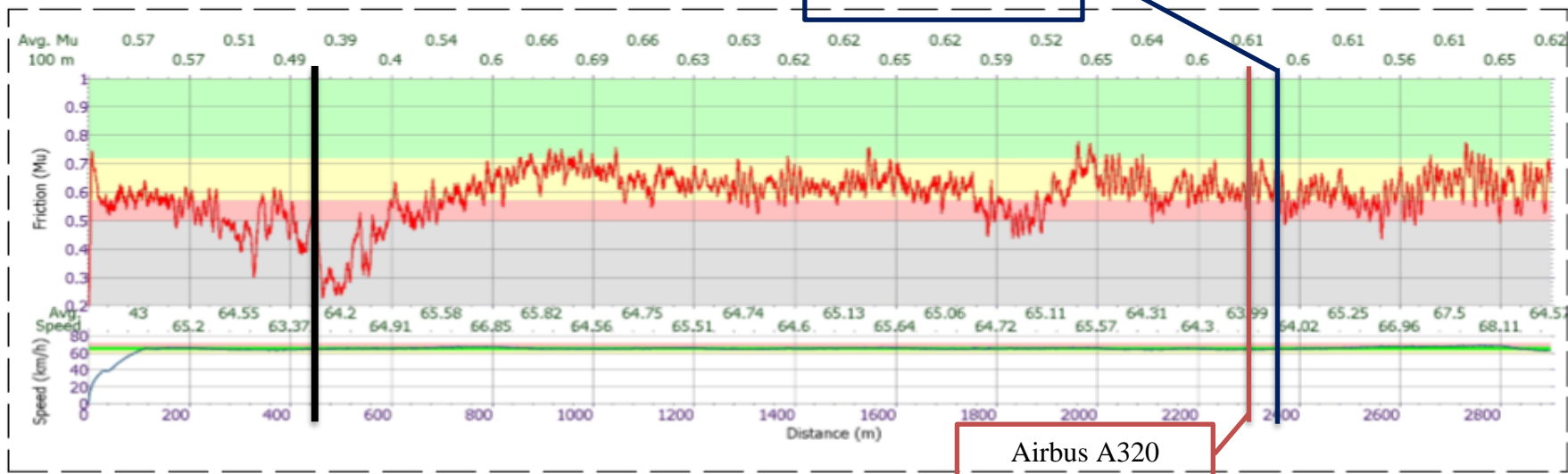
Average Mu	1/3	2/3	3/3	Total
10-28	0.54	0.62	0.62	0.59

Run Start:	19/03/2016 01:57:56	
Auto. End Distance	On	
Distance Travelled	2900	meters
Average Speed	64.4	km/h

Weather Condition	FINE
Air Temperature	26
Operator Notes	6 METER KANAN

Location	Event Note
m	
m	
m	

Airbus A330 – 200
Airbus A330 – 300



Airbus A320

19/03/2016 02:01:49

Page 1 of 1

Gambar 4.23 Data Mu-meter Dengan Panjang Pendaratan Pesawat Dari Runway 10 – Runway 28. Dari 6 meter garis Centerline

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini merupakan studi analisis perkiraan penumpukan *rubber deposit* berdasarkan variasi dan frekuensi pesawat di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Dari analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data sekunder pergerakan *take-off* dan *landing* pesawat pada *runway*, didapatkan berbagai tipe – tipe pesawat di Bandara Juanda. Perbedaan tipe pesawat ini menentukan posisi pola roda pesawat pada saat mendarat. Dimana posisi jejak roda pesawat Boeing 737 – 300, Boeing 737 – 500, Boeing 737 – 800 dan Boeing 737 – 900 terletak di sekitar ± 3 meter dari garis tengah *runway*. Sedangkan posisi roda pesawat Airbus A320, Airbus A330 – 200 dan Airbus A330 – 300 terletak di sekitar ± 6 meter dari garis tengah *runway*.
2. Panjang pendarataan pesawat yang didapatkan dalam metode tiga segmen adalah jumlah total dari segmen 2 dan segmen 3 yang dimana segmen 2 adalah area roda mulai menyentuh permukaan *runway* sedangkan segmen 3 adalah area pengurangan kecepatan pesawat. Jadi panjang pendarataan untuk pesawat untuk Boeing 737 – 300 adalah 1717,43 m, panjang pendarataan pesawat untuk Boeing 737 – 500 adalah 1620,75 m, panjang pendarataan untuk pesawat untuk Boeing 737 – 800 adalah 2103,67, panjang pendarataan untuk pesawat untuk Boeing 737 – 900 adalah 2185,42 m, panjang pendarataan untuk pesawat untuk Airbus A320 adalah 1842 m, panjang pendarataan untuk pesawat untuk Airbus A330 – 200 adalah 1918,75 m, dan panjang pendarataan untuk pesawat untuk Airbus A330 – 300 adalah 1918,75 m.
3. Tebal *overlap* yang terjadi setiap pergerakan pesawat selama 1 hari, 1 minggu dan 1 bulan pada tahun 2015 & 2016, dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Untuk data hasil perhitungan tebal *rubber deposit* pada tahun 2015 adalah: tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 hari pergerakan pesawat

untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,0666 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0095 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,0150 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0027 mm. Tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 minggu pergerakan pesawat untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,4761 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0666 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,1003 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0143 mm. Tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 bulan pergerakan pesawat untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 2,0626 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,2887 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,4345 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0608 mm.

- b. Untuk data hasil perhitungan tebal *rubber deposit* pada tahun 2016 adalah: tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 hari pergerakan pesawat untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,0889 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0211 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,0174 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0046 mm. Tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 minggu pergerakan pesawat untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,6220 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,1444 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,1312 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,0308 mm. Tebal *rubber deposit* yang tertinggal dalam 1 bulan pergerakan pesawat untuk *runway* 10 pada 3 meter dari *centerline* adalah 2,6943 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,6260 mm, sedangkan pada *runway* 28 pada 3 meter dari *centerline* adalah 0,5679 mm dan pada 6 meter dari *centerline* adalah 0,1318 mm. Memperkirakan penumpukan *rubber deposit* dalam 1 hari, 1 minggu, 1 bulan apabila pergerakan pesawat mengikuti jadwal yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahyudanari, Ervina. (2014) “Identification and modelling the Effect of Jet Engine Exhaust on Airport Pavement Performance” Ph.D Thesis, Universitas Teknologi Petronas.
- Anshari, Agung Tri. (2016) “Analisis Penentuan Area Kerusakan Akibat Beban Intensitas Tinggi Dan Panas Mesin Jet Pada *Runway* Juanda”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- D. Gransberg, Douglass. (2008) “Impact of Airport Rubber Removal Techniques on Ruway”. Aircraft Cooperative Research Program (ACRP) Synthesis 11, Washington D.C.
- FAA – U.S. Departement of Transportation (1997) “Measrument, Construction, and Maintenance of Skid-Resistant Airport Pavement *Surfaces*”.
- Freitas and P. Pereira, E. (2008). “Analysis of Test Methods for Texture Depth Evaluation Applied in Portugal”. Department of Civil Engineering, University of Minho, Portugal.
- Horonjeff, Robert dan Francis X. McKelvey (2010) “Planning and Design of Airports, Fifth Edition”. McGraw-Hill Companies, Inc., United State of America.
- I. Hanson and Brian D. Prowell, Douglas (2004) “Evaluation of Circular Texture Meter for Measuring *Surface* Texture of Pavement”. NCAT Report 04-05. National Center for Asphalt Technology Auburn University, Auburn, Alabama.
- ICAO Doc 9157 (2005) “Aerodrome Design Manual – Part 2: Taxiways, Aprons and Holding Bays”
- ISO 13473-1:1997. Characterization of Pavement Texture by Use of *Surface* Profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth

Seno, R. Haryo Triharso. (2015) “Evaluasi Kekuatan Perkerasan Sisi Udara (*Runway*, *Taxiway*, *Apron*) Bandara Juanda Dengan Metode Perbandingan ACN-PCN”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Sumber lain:

Airbus. (2016), Aircraft Characteristics-Airport and Maintenance Planning. Diakses pada April 2016. Dari <http://www.airbus.com/support/maintenance-engineering/technical-data/aircraft-characteristics/>

Boeing. (2016). 737 Airplane Characteristics for Airport Planning. Diakses pada April 2016. Dari <http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/airports/acaps/737.pdf>

Flight Learnings. (2017). Air carrier obstacle clearance requirements part two *landing* performance. Diperoleh 16 Juni 2017 dari <http://www.flightlearnings.com/2011/04/25/air-carrier-obstacle-clearance-requirements-part-two-landing-performance/>

MnRoad. (2016). Texture – Sand Patch. Diakses pada Mei 2016, Dari http://www.dot.state.mn.us/mnroad/data/pdfs/MnROAD%20Texture%20S and%20Patch%20FINAL_062410.pdf

Pavement interactive. (2016). *Skid resistance*. Diakses pada Juli 2016. Dari <http://www.pavementinteractive.org/skid-resistance/>

Quora. (2017). How does an aircraft reduce its speed for *landing*. Diperoleh 24 April 2017, dari <https://www.quora.com/How-does-an-aircraft-reduce-its-speed-for-landing>

Skybrary. (2017). Deceleration on the *runway*. Diperoleh 24 April 2017, dari https://www.skybrary.aero/index.php/Deceleration_on_the_Runway

SNI 6748 (2008). Cara uji Kekesatan Pada Permukaan Perkerasan Menggunakan Alat Mu – meter . Di peroleh April 2016. Dari <http://pip2bdiy.com/nspm/SNI%206748-2008.pdf> 5